

## Performances 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/esj.2024.v20n22p66](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n22p66)

Submitted: 09 July 2024  
Accepted: 01 August 2024  
Published: 31 August 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). *Performances économique et financière des systèmes de culture du Cajanus cajan au Bénin en Afrique de l'Ouest*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (22), 66.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n22p66>

### Résumé

La non-comptabilisation des revenus des cultures secondaires comme le *Cajanus cajan* menace la viabilité des petites exploitations agricoles du Bénin. Cette étude examine l'effet des systèmes de culture sur la performance économique et financière du pois d'Angole au Centre du Bénin. Les données ont été collectées à travers une enquête auprès de 240 producteurs de pois d'Angole choisis de façon aléatoire. Une régression simultanée apparemment sûre et des indicateurs économiques et financiers sont mobilisés pour apprécier la performance de la production du pois d'Angole. Les résultats montrent six différents systèmes de culture de pois d'Angole. L'analyse révèle que tous sont rentables, mais les systèmes 1 et 2 offrent de meilleures marges nettes, et les systèmes 1 et 3 sont les plus productifs en matière de productivité moyenne du travail et avantageux en termes de ratio bénéfice-coût. Les systèmes 5 et 6 sont les moins performants. Le modèle indique que les systèmes 1, 2 et 4 améliorent simultanément les trois indicateurs de performance. Pour la production du pois d'Angole, le choix du système de culture impacte la

rémunération du travail et le gain financier, sans nécessairement affecter la marge nette. Ainsi, pour accroître les revenus des agriculteurs grâce à cette spéculation, il est essentiel de se concentrer sur les systèmes de culture les plus performants économiquement et financièrement.

---

**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 account for income from secondary crops such as *Cajanus cajan* threatens the viability of smallholder farms in Benin. This study examines the effect of cropping systems on the economic and financial performance of pigeon pea in central Benin. Data were collected through a survey of 240 randomly selected pigeon pea growers. A seemingly safe simultaneous regression and economic and financial indicators are mobilized to assess the performance of pigeon pea production. The results show six different pigeon pea cropping systems. The analysis reveals that all are profitable, but systems 1 and 2 offer better net margins, and systems 1 and 3 are the most productive in terms of average labor productivity and advantageous in terms of benefit-cost ratio. Systems 5 and 6 are the least productive. The model shows that systems 1, 2 and 4 simultaneously improve all three performance indicators. For pigeon pea production, the choice of cropping system has an impact on labor remuneration and financial gain, without necessarily affecting the net margin. So, to increase farmers' income from this crop, it is essential to focus on the most economically and financially efficient cropping systems.

---

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

## Introduction

La sécurité alimentaire est un enjeu mondial croissant en raison de la hausse démographique et de la baisse 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 souffrent de la faim, entraînant des problèmes économiques et entravant les 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 ce fléau (Mekonnen, 2024; Rusere et al., 2023).

La sécurité alimentaire dépend de nombreux facteurs tels que l'économie, le changement climatique, la gestion des récoltes, la qualité des semences, l'état des sols et 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 des solutions durables à l'agriculture et à l'insécurité alimentaire en Afrique, il est indispensable de mener des recherches ciblées sur des cultures localement adaptées comme les légumineuses qui sont riches en nutriments et résistantes au stress (Ayilara et al., 2022 ; Kaoneka et al., 2016). La diversification des cultures avec les légumineuses renforce la sécurité alimentaire, réduit la pauvreté et préserve l'environnement (Hashmiu et al., 2024; Ayanan et al., 2017a). Paradoxalement, la plupart des cultures africaines résistantes au stress, souvent négligées et appelées "cultures orphelines", reçoivent peu d'attention des décideurs (Zavinon et al., 2019 ; Varshney et al., 2010). Parmi ces précieuses mais sous-estimées espèces végétales, il figure le pois d'Angole (*Cajanus cajan* (L.) huth), 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 essentielle pour les agriculteurs à faibles ressources 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 contiennent 18,8 % de protéines, 53 % d'amidon, 2,3 % de matières grasses, 6,6 % de fibres brutes et 250,3 mg de minéraux pour 100 g. De plus, ses feuilles, ses fleurs, ses racines et ses graines sont couramment utilisés en médecine traditionnelle pour traiter diverses affections de la peau, du foie, des poumons et des reins (Hardev, 2016). Cet arbuste vivace tolère bien la sécheresse, produit beaucoup de biomasse pour le fourrage et enrichit le sol en nutriments et humidité (Fossou

et *al.*, 2016 ; Njira et *al.*, 2012). Les principaux producteurs sont l'Inde et le Myanmar (83 % de la production mondiale), suivis par des pays africains comme le Malawi, la Tanzanie, le Kenya et l'Ouganda (14 % de la production mondiale) (Makena et *al.*, 2022).

Malgré ses avantages agronomiques, le pois d'Angole souffre d'une faible productivité (Karanja et *al.*, 2019). En Afrique, sa production est peu performante pour les petites exploitations, avec des rendements inférieurs à une tonne par hectare dans les champs des agriculteurs (Makena et *al.*, 2022 ; Karanja et *al.*, 2019 ; Emefiene et *al.*, 2014), tandis que d'autres études rapportent 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). Il est également utilisé pour la conservation des sols et la gestion des mauvaises herbes dans les champs (Kinhoégbè et *al.*, 2020 ; Dansi et *al.*, 2012). Cependant, sa production reste limitée, se classant cinquième parmi les légumineuses comestibles, derrière le niébé (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*), le Voanzou (*Voandzeia subterranea Thouars*), le soja (*Glycine max (L.) Merr.*) et l'arachide (*Arachis hypogaea L.*) (Kinhoégbè et *al.*, 2022 ; Ayenan et *al.*, 2017a). En 2019, les rendements moyens au Bénin étaient de 628 kg/ha, bien inférieurs au potentiel national de 2500 kg/ha estimé 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.

Au sein des exploitations agricoles, divers systèmes de culture sont adoptés pour la production du pois d'Angole, affectant sa productivité et sa rentabilité (Traore et Koura, 2019 ; Yabi et *al.*, 2012). En Inde, Pal et *al.* (2016) ont constaté que les associations de pois d'Angole avec le niébé surpassent celles avec des céréales comme le sorgho en termes de rendement. En Afrique du Sud, Asiwe et Madimabe (2020) ont montré que la culture intercalaire en bandes offre un meilleur rendement, bénéfice net et revenu par unité de capital investi comparé à la culture intercalaire mixte et la culture pure.

Les pratiques agricoles spécifiques au pois d'Angole ont été peu explorées au Bénin. Les recherches se sont principalement concentrées sur la diversité des variétés, les rendements, et les aspects sociaux de la production, tels que les utilisations et les contraintes rencontrées (Kinhoégbè et *al.*, 2020, 2022 ; Zavinon et *al.*, 2018, 2020, 2022; Zavinon et Sagbadja, 2019 ; Ayenan et *al.*, 2017a, 2017b). L'aspect économique, notamment les dépenses de production

liées aux systèmes de culture, a été 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 vise à combler cette lacune en analysant l'effet des systèmes de culture sur la performance économique et financière du pois d'Angole au Bénin.

## **Matériels et méthodes**

### **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 et le Nigéria à l'Est, il est bordé au Nord par les départements de la Donga et du Borgou, et au Sud par ceux du Zou et du Plateau. L'agriculture y est l'activité principale de subsistance (DGCS-ODD 2019; INSAE 2016). Ce département mobilise l'essentiel de la production nationale de pois d'Angole, avec une superficie totale d'environ 1422 ha (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 eu lieu avec les agents de développement locaux et les 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. Les villages d'étude ont été sélectionnés à partir d'un recensement sommaire des producteurs de pois d'Angole effectué lors d'une phase exploratoire. Ainsi, trois villages par commune ont été choisis, comme l'indique la figure 1.

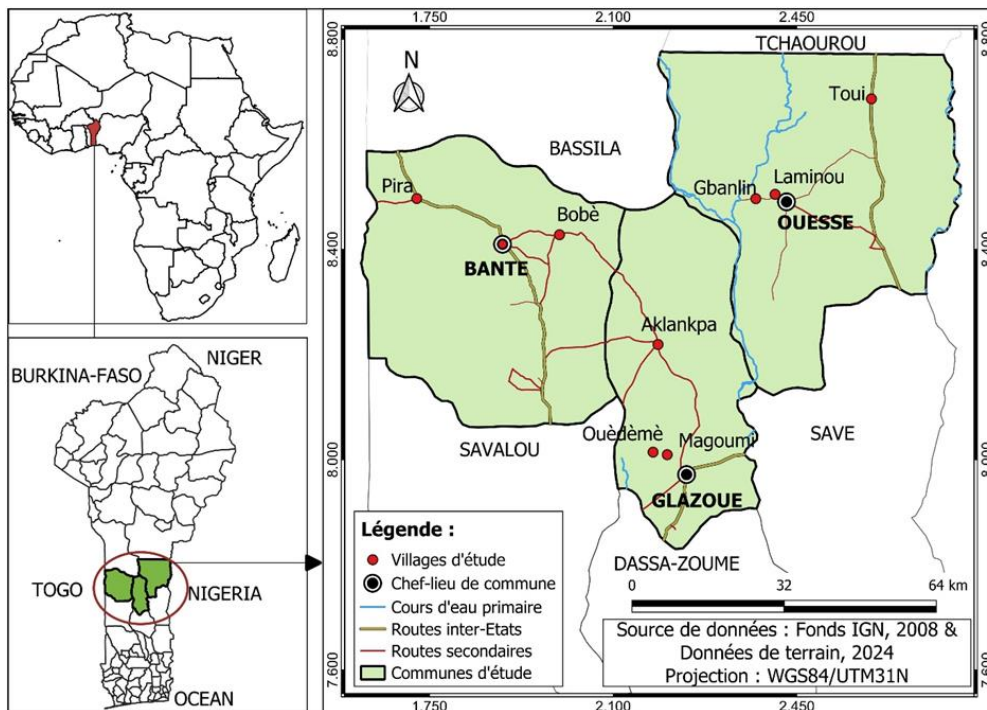


Figure 1. Carte de localisation géographique des villages d'étude

### Echantillonnage et collecte de données

Les unités d'observations de cette recherche sont les exploitations agricoles produisant du pois d'Angole, représentées par les chefs de ménage. À partir d'une base de sondage issue du recensement sommaire réalisé lors de la phase exploratoire, la technique d'échantillonnage aléatoire a été utilisée pour sélectionner les exploitations à enquêter. Cette méthode, largement reconnue et utilisée dans de nombreuses études scientifiques, assure une bonne représentativité de la population en offrant à chaque individu une chance égale 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 a permis de toucher 80 exploitations productrices de pois d'Angole dans chaque commune, comme le montre le tableau 1. Cette taille d'échantillon est jugée raisonnable, conformément aux recommandations de Kwak et Kim (2017), qui estiment qu'un échantillon d'au moins 30 individus est nécessaire pour assurer la représentativité d'une population suffisamment grande.

L'étude a adopté une approche quantitative, utilisant un questionnaire semi-structuré préalablement testé et ajusté. Chaque producteur sélectionné a répondu à ce questionnaire portant sur ses caractéristiques sociodémographiques et économiques, les systèmes de culture, les intrants, les coûts et les outputs de la production du pois d'Angole. De plus, des techniques

d'observation directe et de triangulation des informations ont été employées pour garantir la fiabilité des réponses des participants.

**Tableau 1.** Répartition des exploitations enquêtées

Communes	Villages	Nombre d'exploitations recensées	Nombre d'exploitations enquêtées
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	101	80
	Glazoué		
Ouèssè	Gbanlin	43	30
	Laminou	43	30
	Toui	27	20
	Total	113	80
	Ouèssè		
Total global		325	240

### Cadre théorique et analyse des données

Le pois d'Angole a une croissance initialement lente, un système racinaire profond et une maturité tardive (Emefiene et *al.*, 2014). Il peut être cultivé seul ou en association avec d'autres cultures (Asiwe et Madimabe, 2020 ; Pal et *al.*, 2016). Souvent, il est intégré aux cultures de courte saison comme le mil, le sorgho, le maïs ou le niébé. Cette pratique est motivée par des échecs observés à sa culture en peuplement pure (Kermah et *al.*, 2017), l'augmentation de la productivité par unité de surface (Alla et *al.*, 2015), ou la mise en application des pratiques de diversification des cultures et d'interaction entre les espèces dans les systèmes de culture (Hauggaard-Nielsen et Jensen, 2001). Toutefois, il existe diverses pratiques d'association à considérer.

L'association culturale consiste à cultiver simultanément deux ou plusieurs espèces végétales (ou variétés) sur une même parcelle, avec un chevauchement de leurs cycles biologiques (Abid Karray, 2006 ; Salez, 1988). Les cultures ne sont pas nécessairement plantées ou récoltées au même moment, mais elles sont généralement gérées simultanément pendant une période significative. Il existe principalement deux types d'associations culturales : la culture mixte 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 sont étroitement entremêlées (Khonde, 2021). Si les cultures ont des tailles et des durées de végétation similaires, on parle de culture mixte homogène; si elles diffèrent en taille et en durée de végétation, on parle de

culture mixte hétérogène. La culture intercalaire, quant à elle, implique de cultiver deux ou plusieurs cultures ensemble en lignes ou en bandes distinctes (en alternance), permettant une gestion séparée des cultures tout en favorisant une interaction agronomique entre elles (Asiwe et Madimabe, 2020).

Les systèmes de culture offrent des avantages économiques variés aux agriculteurs. Asiwe et Madimabe (2020) montrent que la culture mixte n'optimise pas la densité des plantes ni l'utilisation des ressources, causant un faible rendement du pois d'Angole dans la province du Limpopo, en Afrique du Sud (Gwata et Shimelis, 2013). En revanche, la culture intercalaire réduit la compétition entre espèces et augmente les rendements par unité de surface (Asiwe et Madimabe, 2020). Les associations céréales-légumineuses à gousses surpassent souvent la culture en peuplement 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 en sélectionnant certaines options et en en rejetant d'autres. L'un des percusseurs de cette théorie est l'économiste américain Becker (1976) qui a introduit la notion de "rationalité économique", postulant que les individus agissent rationnellement pour maximiser leur utilité. Les économistes soutiennent qu'un acteur rationnel maximise toujours son utilité. Les choix des individus reposent donc sur les résultats économiques attendus, comparant les avantages pour choisir l'option la plus satisfaisante selon leurs préférences (Yabi et *al.*, 2016). Appliquée aux agriculteurs, cette théorie suppose qu'ils choisissent les techniques de production du pois d'Angole qui maximisent 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.

### **Approche d'évaluation de la performance économique et financière**

La rentabilité d'une activité peut être évaluée de plusieurs façons, comme avec la Matrice d'Analyse des Politiques (MAP) ou l'analyse du compte d'exploitation. Cette étude utilise l'analyse du compte d'exploitation pour sa simplicité. Les indicateurs calculés sont : le rendement (R) pour la performance agronomique, 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 sont couramment utilisés dans les études empiriques (Dossa et *al.*, 2018 ; Sigure et *al.*, 2019 ; Tokpon et Yegbemey, 2020 ; Degla, 2020). Les détails et conditions d'acceptation de ces indicateurs sont présentés dans le tableau 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 en Homme-jour (HJ). 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.

Les coûts de production du pois d'Angole incluent 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 avec d'autres cultures, les agriculteurs ont évalué la part des dépenses dédiées à la production du pois d'Angole, qui a été prise en compte.

Il existe plusieurs méthodes pour vérifier si les différences de moyennes des indicateurs de performance entre les systèmes de culture sont significatives. L'analyse de variance (ANOVA) est l'une d'elles, mais elle requiert une distribution normale des valeurs résiduelles afin de garantir le respect des hypothèses du modèle pour une inférence fiable (Knief et Forstmeier, 2021). Le test de normalité de Shapiro-Wilk a confirmé que les résidus de l'ANOVA sont normalement distribués, rendant cette méthode appropriée pour évaluer la significativité des différences de moyennes. Trois niveaux de significativité ont été définis: 1% si  $p \leq 0,01$  ; 5% si  $0,01 < p \leq 0,05$  ; et 10% si  $0,05 < p \leq 0,10$ . Ces seuils définissent le degré de confiance pour conclure que les différences observées ne sont pas dues au hasard.

## Modélisation des déterminants de la performance économique et financière

Le test ANOVA a seulement confirmé si les différences de moyennes entre les systèmes de culture pour chaque indicateur de performance étaient statistiquement significatives. Il n'a pas mesuré l'impact réel des systèmes de culture sur la rentabilité du pois d'Angole. Un modèle de régression est donc nécessaire pour évaluer cet impact de manière plus précise.

Dans la littérature, la régression tobit et la régression linéaire sont couramment utilisées pour analyser les déterminants des variables quantitatives (Kindemin *et al.*, 2023 ; Haralayya et Aithal, 2021). Cependant, dans cette étude, les variables dépendantes (la marge nette (MN), la productivité moyenne du travail (PML) et le ratio bénéfice-coût (RBC)) partagent plusieurs composantes communes. Il est donc raisonnable de supposer une corrélation entre ces variables. Ainsi, il est plus pertinent d'utiliser une régression simultanée apparemment indépendante (SUR) pour analyser les déterminants de la performance économique et financière. Cette approche tient compte de la corrélation entre les variables dépendantes, contrairement à une estimation distincte qui pourrait introduire des biais (Hessavi *et al.*, 2019 ; Arouri et Rault, 2010). Introduit par Zellner en 1962, le modèle SUR permet d'estimer simultanément plusieurs équations en une seule commande tout en prenant en compte la corrélation entre les variables dépendantes (Traore et Koura, 2019). De plus, chaque équation du modèle peut inclure des variables dépendantes et indépendantes différentes (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 :

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

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 $\alpha_3$ :	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.	$\beta$ et $\delta$ :	Les coefficients de régression associés respectivement à S et X.

Dans la plupart des études empiriques utilisant des analyses économétriques, comme celles de Ameh et Lee (2022) ; Budiastutik et Nugraheni (2018) ; Alshurideh et *al.* (2017) ainsi que Ameh et Andrew (2017), le choix des prédicteurs est souvent dicté par les objectifs de la recherche. L'objectif principal de cette recherche est d'analyser l'effet des systèmes de culture sur la performance économique et financière du pois d'Angole. Toutefois, en plus des systèmes de culture, plusieurs caractéristiques sociodémographiques des exploitants ont été intégrées au modèle (Tableau 3). Toutes les analyses ont été effectuées avec 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).	+/-
<b>Caractéristiques sociodémographiques</b>			
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 Pedelahore, 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 <i>al.</i> , 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 <i>al.</i> , 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 ; Adjobo et Yabi, 2020 ; Ouédraogo et Dakouo, 2017 ; Malinga et <i>al.</i> , 2015 ; Zalkuw et <i>al.</i> , 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 <i>et al.</i> , 2019 ; Piedra-Muñoz <i>et al.</i> , 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 (Tabe-Ojong Jr <i>et</i> 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 <i>et</i> Andrew, 2017 ; Asogwa <i>et al.</i> , 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 <i>et</i> 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 <i>et al.</i> (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 <i>et al.</i> , 2020 ; Rached <i>et al.</i> , 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.	+/-

## Résultats

### Caractéristiques sociodémographiques et économiques des enquêtés

La majorité des enquêtés (75%) sont des hommes, 87,50% sont mariés, et 61,67% n'ont jamais fréquenté une école formelle. Seulement 19,58% savent lire et écrire en langues locales, 39,58% appartiennent à un groupe de producteurs, et 26,25% ont une activité secondaire. L'âge moyen des producteurs est de 45±11 ans, avec une expérience moyenne de 22±13 ans en agriculture et 7±8 ans dans la production de pois d'Angole. Les personnes instruites ont généralement terminé leur scolarité au niveau primaire, avec une moyenne de 3±5 années réussies. En moyenne, leurs exploitations comptent 10,26±8,66 hectares de terres agricoles et une charge familiale de 10±8 personnes, dont 6±5 sont actifs dans l'agriculture (Tableau 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
	Université	8	3,33
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		45	11
Expérience en agriculture (en années)		22	13
Expérience de production du pois d'Angole (en années)		7	8
Nombre d'années scolaires validées		3	5
Superficie totale disponible (ha)		10,26	8,66
Nombre de personnes en charge		10	8
Nombre de personnes actifs agricoles		6	5

### 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) (Tableau 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 sur plusieurs campagnes agricoles.

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

Systèmes	Nomenclatures	Caractéristiques	Effectif	Pourcentage (%)
Système 1	Culture pure en monoculture	- Culture en peuplement pur ; - Même culture sur une même parcelle pendant plusieurs campagnes agricoles consécutives.	65	27,08
Système 2	Culture pure en rotation	- Culture en peuplement pur ; - Production sur une parcelle abritée par une autre culture la campagne agricole précédente.	35	14,58
Système 3	Culture mixte en monoculture	- Culture en association avec d'autres cultures ; - Alternance des espèces à l'intérieur des lignes de semis ; - Mêmes cultures sur une même parcelle pendant plusieurs campagnes agricoles consécutives ; - Concurrence agronomique entre les espèces.	37	15,42
Système 4	Culture mixte en rotation	- Culture en association avec d'autres cultures ; - Alternance des espèces à l'intérieur des lignes de semis ; - Production sur une parcelle abritée par une autre culture la campagne agricole précédente ; - Concurrence agronomique entre les espèces.	81	33,75
Système 5	Culture intercalaire en monoculture	- Culture en association avec d'autres cultures ; - Alternance des espèces en lignes ou bandes distinctes ; - Mêmes cultures sur une même parcelle pendant plusieurs campagnes agricoles consécutives ; - Interaction agronomique entre les espèces.	8	3,33
Système 6	Culture intercalaire en rotation	- Culture en association avec d'autres cultures ; - Alternance des espèces en lignes ou bandes distinctes ; - Production sur une parcelle abritée par une autre culture la campagne agricole précédente ; - Interaction agronomique entre les espèces.	14	5,83
<b>Total</b>			<b>240</b>	<b>100</b>

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

### Facteurs de production par système de culture

Les enquêtés cultivent en moyenne  $0,92 \pm 0,93$  hectare de pois d'Angole (Tableau 6). Par hectare, ils utilisent  $13,83 \pm 10,18$  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'ANOVA montre qu'il existe des disparités significatives de superficie ( $p=0,063$ , soit à 10%), de quantité de semences ( $p=0,000$ , soit à

1%), de quantité d'herbicides ( $p=0,011$ , soit à 5%) et de main-d'œuvre ( $p=0,000$ , soit à 1%) entre les systèmes de culture.

Le coût moyen pour produire un hectare de pois d'Angole est de 81 184,47±65 370,87 FCFA. Ces coûts varient selon le système de culture, diminuant progressivement à mesure que l'on passe des systèmes de culture pure aux systèmes de culture intercalaire, passant par les systèmes de culture mixte. Ces différences sont significatives à 1% ( $p<0,01$ ). Les systèmes de culture 1 et 2 ont les coûts les plus élevés (Tableau 6).

### **Performance économique et financière des systèmes de culture**

Pour l'ensemble des systèmes, la production de pois d'Angole donne un rendement moyen de 752,57±600,67 kg/ha, avec une MN moyenne de 297 534,60±261 045,76 FCFA (Tableau 6). La PML moyenne est de 6 252,28±5 386,88 FCFA/HJ, et le RBC est de 1,77±1,02. Ces chiffres indiquent que la culture du pois d'Angole est rentable économiquement et financièrement dans la zone d'étude, la PML dépassant largement le salaire journalier de 2500 FCFA. Toutefois, les analyses par système de culture montrent des variations significatives des indicateurs de performance.

Les rendements diminuent des systèmes de culture pure aux systèmes intercalaire, en passant par les systèmes mixtes (Tableau 6). L'ANOVA montre que cette variation est significative à 1% ( $p=0,000$ ). Les systèmes de culture pure sont les plus productifs. En comparant les systèmes deux à deux, la monoculture (systèmes 1, 3 et 5) est plus productive que la rotation (systèmes 2, 4 et 6).

L'analyse de la MN ne suit pas la même tendance que le rendement. Les systèmes 1 (374 478,82±215 275,20 FCFA/ha) et 2 (375 255,64±328 783,52 FCFA/ha) génèrent le profit net le plus élevé (Tableau 6). La différence de MN entre les systèmes est significative à 1% ( $p=0,000$ ). Ainsi, les systèmes 1 et 2 sont les plus rentables en termes de MN.

L'analyse de variance montre une différence significative de la PML entre les systèmes de culture au seuil de 1% ( $p=0,003$ ) (Tableau 6). Les systèmes 1 et 3 sont les plus rentables en termes de PML, avec respectivement 7 572,64±5 748,28 FCFA/HJ et 7 535,41±5 800,51 FCFA/HJ. Les systèmes en monoculture (1, 3, et 5) sont plus avantageux pour la rémunération du travail par rapport aux systèmes en rotation (2, 4, et 6), probablement en raison des rendements plus élevés en monoculture.

Le ratio bénéfice-coût (RBC) montre que les systèmes 1 et 3 sont plus rentables financièrement que les autres (Tableau 6). La différence du RBC entre les systèmes est significative à 1% ( $p=0,000$ ), indiquant que les systèmes 1 et 3 sont les plus performants selon 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) <sup>1</sup>	Mean (SD) <sup>1</sup>	Mean (SD) <sup>1</sup>	Mean (SD) <sup>1</sup>	Mean (SD) <sup>1</sup>	Mean (SD) <sup>1</sup>	Mean (SD) <sup>1</sup>	
<b>Inputs de production</b>								
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
<b>Dépenses de production</b>								
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
<b>Indicateurs de performance</b>								
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

Légende : (SD)<sup>1</sup>Erreur Standard ; \*\*\* significatif à 1% ( $p \leq 0,01$ ) ; \*\* significatif à 5% ( $0,01 < p \leq 0,05$ ) ; \* significatif à 10% ( $0,05 < p \leq 0,10$ )



## **Déterminants de la rentabilité économique et financière de la production du pois d'Angole**

L'analyse de corrélation montre une forte interdépendance entre les indicateurs de performance (Tableau 7). Le coefficient de corrélation entre la marge nette (MN) et la productivité moyenne du travail (PML) est de 0,50, significatif à 1%, indiquant qu'une augmentation de la MN est associée à une augmentation de la PML. Le coefficient entre la MN et le ratio bénéfice-coût (RBC) est de 0,61, également significatif à 1%, montrant que ces deux indicateurs évoluent de concert. Le coefficient entre le RBC et la PML est de 0,92, significatif à 1%, indiquant qu'une augmentation de la PML entraîne une hausse du RBC. En résumé, les trois indicateurs sont positivement et significativement corrélés. L'utilisation du modèle de régression SUR pour analyser simultanément les déterminants de ces indicateurs semble donc très appropriée.

Le tableau 7 montre que 42,31% des variations des indicateurs de performance (MN, PML, et RBC) sont expliquées par les variables indépendantes du modèle ( $Adj\_R^2=0,4231$ ), avec une signification très élevée au seuil de 1% ( $p=0,000$ ). Les variables explicatives expliquent 27,06% de la variation de la marge nette (MN), 25,29% de la productivité moyenne du travail (PML), et 26,73% du ratio bénéfice-coût (RBC). Les trois modèles sont significatifs à 1% ( $p=0,000$ ).

Les résultats montrent que la performance économique et financière de la production du pois d'Angole dépend de plusieurs facteurs. Les systèmes de culture 1, 2, 3 et 4, le sexe de l'exploitant, l'exercice d'une activité secondaire, l'expérience dans la production du pois d'Angole, l'appartenance à un groupement de producteurs, le nombre d'actifs agricoles, et la superficie des terres disponibles jouent un rôle déterminant. Cependant, les effets de ces facteurs sur les indicateurs de rentabilité et leurs probabilités varient selon les équations.

La marge nette de production du pois d'Angole est positivement influencée par les systèmes de culture 1 et 2 (significatif à 5%) et par le système de culture 4 (significatif à 10%). Cela suggère que ces systèmes augmentent le bénéfice net des exploitants. En revanche, le sexe de l'exploitant et l'exercice d'une activité secondaire ont un effet négatif significatif sur la marge nette à 5%. De plus, le nombre d'actifs agricoles a un effet négatif significatif à 1%. Cela signifie que ces caractéristiques réduisent le bénéfice net de la production.

Le taux de rémunération de la main-d'œuvre (PML) est positivement influencé par les systèmes de culture 3 et 4 (significatif à 5%), ainsi que par les systèmes 1 et 2 (significatif à 1% et 10%, respectivement). Ces résultats montrent que ces systèmes augmentent le profit net par unité de main-d'œuvre familiale dans la production du pois d'Angole. L'expérience de l'agriculteur

dans la production du pois d'Angole et la superficie totale disponible ont également un effet positif et significatif sur la PML, à 1% et 5%, respectivement. En revanche, le nombre d'actifs agricoles est négativement corrélé avec la PML, de manière significative à 1%, indiquant que cela ne contribue pas à améliorer la performance économique.

Le gain financier par unité de capital investi (RBC) est positivement influencé par les systèmes de culture 1 (significatif à 1%), 2 (significatif à 10%), 3 et 4 (significatif à 5%). Ces systèmes augmentent le gain financier total pour chaque franc CFA investi dans la production du pois d'Angole. L'expérience de l'agriculteur dans la production du pois d'Angole et son appartenance à un groupement de producteurs améliorent également le RBC, significativement à 1% et 10%, respectivement. En revanche, le nombre d'actifs agricoles est négativement corrélé avec le RBC, de manière significative à 1%.

**Tableau 7.** Déterminants de la performance économique et financière de la production de pois d'Angole

Variables	MN		PML		RBC	
<b>Test de corrélation</b>						
MN	1		-		-	
PML	0,5066***		1		-	
RBC	0,6136***		0,9211***		1	
<b>Modèle de régression</b>	<b>Coef.<sup>1</sup> (SD)<sup>2</sup></b>	<b>P<sup>3</sup></b>	<b>Coef.<sup>1</sup> (SD)<sup>2</sup></b>	<b>P<sup>3</sup></b>	<b>Coef.<sup>1</sup> (SD)<sup>2</sup></b>	<b>P<sup>3</sup></b>
Constante	3346654,1(90563,99)***	0,000	1658,98 (1593,67)	0,298	1,20 (0,29)***	0,000
<b>Systèmes de culture</b>						
Système 1 (Culture pure en monoculture)	156436,6 (84353,57)**	0,064	4070,16 (1435,38)***	0,005	0,78 (0,26)***	0,004
Système 2 (Culture pure en rotation)	194610,2 (88102,11)**	0,027	2800,37 (1507,85)*	0,063	0,54 (0,28)*	0,053
Système 3 (Culture mixte en monoculture)	84331,46 (87228,42)	0,334	3813,51 (1531,21)**	0,013	0,63 (0,28)**	0,026
Système 4 (Culture mixte en 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	-	-	-	-
<b>Caractéristiques sociodémographiques et économiques</b>						
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
<b>Résumés spécifiques des modèles</b>	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	
<b>Résumé global du système</b>			Adj_R2=0,4231 Chi2=144,3955 F=15,6086*** P-Value=0,0000			

Légende : Coef.1 : Coefficient ; (SD)2: Erreur standard ; 3 P3: Valeur de la probabilité ; \*\*\* significatif à 1% ( $p \leq 0,01$ ) ; \*\* significatif à 5% ( $0,01 < p \leq 0,05$ ) ; \* significatif à 10% ( $0,05 < p \leq 0,10$ )

## Discussion

Le *C. cajan*, une légumineuse aux multiples atouts tels que sa valeur fertilisante, alimentaire, médicinale et sa tolérance à la sécheresse, représente une source importante de revenus pour les agriculteurs (Chanda Venkata et *al.*, 2019 ; Hardev, 2016). Pourtant, dans les principales zones de production au Bénin (Sud et Centre), cette culture reste sous-exploitée. Cela est dû à plusieurs contraintes, dont l'une des plus significatives est le faible rendement en grains obtenu (Kinhoégbè et *al.*, 2020 ; Zavinon et Sagbadja, 2019 ; Kaoneka et *al.*, 2016). Cette faible productivité est en partie due à l'inadéquation des systèmes de culture actuellement en place (Traore et Koura, 2019 ; Yabi et *al.*, 2012). Dès lors, l'évaluation de l'effet des systèmes de culture sur la performance économique et financière du pois d'Angole fournit des orientations précieuses pour promouvoir cette culture et améliorer les conditions de vie des agriculteurs.

L'étude a identifié six systèmes de culture du pois d'Angole dans la zone d'étude : monoculture pure, rotation pure, monoculture mixte, rotation mixte, intercalaire en monoculture et intercalaire en rotation. Les discussions avec les agriculteurs ont révélé que les systèmes de monoculture sont privilégiés en raison de la disponibilité limitée de terres pour les rotations culturales. Les systèmes de culture intercalaire sont peu répandus. L'adoption limitée de ces systèmes est due à l'objectif spécifique de production : le pois d'Angole est souvent cultivé en intercalaire pour délimiter les parcelles des cultures associées, avec un objectif principal d'autoconsommation.

Les résultats ont révélé que la culture mixte en rotation (33,75%) est le système de culture principal du pois d'Angole dans la zone d'étude. En effet la baisse de la fertilité des sols est une contrainte majeure pour les exploitations agricoles au Bénin (Akpo et *al.*, 2021). Cette dégradation entraîne une diminution des rendements au fil du temps. L'introduction du pois d'Angole vise à améliorer la fertilité des sols grâce à ses propriétés de légumineuse. Il paraît donc logique que la plupart des producteurs optent pour la culture mixte. Les producteurs préfèrent cultiver le pois d'Angole en association (intercalaire et mixte) plutôt qu'en monoculture. Cette pratique d'association est également le principal système de culture pour le pois d'Angole dans les régions du centre et du nord du Bénin, comme l'ont noté Ayenan et *al.* (2017b). L'association du pois d'Angole avec des céréales et des tubercules est aussi courante dans d'autres pays producteurs, 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 fixe l'azote atmosphérique, tandis que ses feuilles tombées et ses racines contribuent à améliorer la fertilité du sol (Høgh-Jensen, 2011 ; Myaka et *al.*, 2006). En rotation des cultures, le pois d'Angole aide à contrôler les mauvaises herbes et à augmenter la fertilité du sol pour les cultures suivantes. Les études de Adjei-Nsiah (2012) et Odeny (2007)

confirment également une large adoption du système de rotation pour la culture du pois d'Angole. Cette recherche se distingue par la prédominance du système d'association culturale, qui est mis en œuvre dans des séquences planifiées sur plusieurs campagnes agricoles.

Les quantités d'intrants varient considérablement selon le système de culture. Les résultats montrent que les systèmes de culture pure nécessitent plus d'intrants que les systèmes mixte et intercalaire. Cette différence est due aux variations de densité de semis entre ces systèmes : la densité est plus élevée en monoculture qu'en culture mixte, et encore plus élevée qu'en culture intercalaire dans la zone d'étude. Ainsi, les parcelles avec les systèmes de culture 1 et 2 requièrent plus d'intrants. Cette tendance se reflète également dans les charges variables et les coûts totaux de production.

Le rendement moyen du pois d'Angole dans la zone d'étude est de 752,57 kg/ha, supérieur aux 628 kg/ha rapportés par le MAEP-DPP en 2019 à l'échelle nationale. Cette différence peut être due aux variations dans les périodes de recherche et les techniques de production. Cependant, ces rendements restent bien inférieurs au potentiel maximal estimé à 2500 kg/ha par la DPP. Selon Ojwang et *al.* (2016), les rendements peuvent atteindre jusqu'à 5 tonnes/ha en conditions optimales. Cette divergence de résultats pourrait être attribuée à ces différences de conditions environnementales de production ou aux variétés produites dans la zone d'étude. Les résultats révèlent des disparités de rendements entre les systèmes de culture. Les systèmes de monoculture (1, 3, et 5) ont des rendements supérieurs aux systèmes de rotation (2, 4, et 6). Cela est dû au fait que le pois d'Angole enrichit le sol en nutriments, favorisant ainsi sa propre production les années suivantes en monoculture.

La production du pois d'Angole est rentable, selon les trois indicateurs de performance évalués, ce qui concorde avec les résultats de Makena et *al.* (2022) et Emefiene et *al.* (2014) au Kenya et au Nigeria, respectivement. Les systèmes de culture 1 et 2 ont les marges nettes les plus élevées, tandis que pour le taux de rémunération de la main-d'œuvre et le gain financier par unité monétaire investie, les systèmes 1 et 3 sont 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 sont soutenus par les estimations du modèle de régression, montrant que les systèmes 1, 2, et 4 ont un effet positif significatif sur la marge nette (MN), la rémunération de la main-d'œuvre (PML) et le ratio bénéfice-coût (RBC). Le système 3 influence positivement la PML et le RBC, mais pas de manière significative pour la MN. Ces constatations sont en ligne avec celles de recherches antérieures, qui ont également observé l'influence

des systèmes de culture sur les performances agricoles (Asiwe et Madimabe, 2020 ; Traore et Koura, 2019 ; Pal et *al.*, 2016 ; Yabi et *al.*, 2012). 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. Contrairement à l'opinion de Gwata et Shimelis (2013) sur la baisse de rendement due à la culture mixte en Afrique du Sud, cette étude montre que cette pratique peut améliorer les bénéfices économiques des agriculteurs en répartissant les coûts de production entre le pois d'Angole et les cultures associées.

Pour ce qui concerne les caractéristiques sociodémographiques, le sexe et l'exercice d'une activité secondaire ont un effet significatif et négatif sur la marge nette. Contrairement aux conclusions de Aminou (2021) et de Ntsama et Pedelamore (2010), qui suggèrent que les hommes sont généralement plus aptes à adopter des innovations agricoles et à optimiser l'utilisation des intrants, cette étude montre que dans le contexte de la production de pois d'Angole dans la zone d'étude, les femmes gèrent plus efficacement les ressources productives que les hommes. Par ailleurs, la diversification des activités peut amener les agriculteurs à répartir leur temps, leur énergie et leurs ressources entre différentes tâches, réduisant ainsi l'engagement et les efforts consacrés à la culture du pois d'Angole, ce qui affecte sa rentabilité.

L'expérience des agriculteurs dans la production de pois d'Angole a un effet positif et significatif sur le taux de rémunération de la main-d'œuvre et le ratio bénéfice-coût. En effet, une longue expérience permet aux agriculteurs de développer des compétences essentielles pour adopter efficacement les technologies agricoles nécessaires à une gestion plus efficiente. Traore et Koura (2019) ont également constaté que les agriculteurs expérimentés obtiennent de meilleures performances économiques et financières. De plus, l'appartenance à un groupement de producteurs améliore significativement le ratio bénéfice-coût. Babah-Daouda et Yabi (2021) et de Nuama (2006) ont montré que cette appartenance joue un rôle crucial dans la performance des agriculteurs. Elle facilite l'accès aux ressources comme les crédits et la main-d'œuvre, encourage le partage des connaissances et des informations sur les marchés, et soutient une gestion financière plus efficace.

Par ailleurs, la superficie totale des terres agricoles disponibles a un effet positif et significatif sur le taux de rémunération de la main-d'œuvre. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'une plus grande superficie cultivée permet une meilleure planification et coordination des activités agricoles, optimisant ainsi l'utilisation de la main-d'œuvre. En conséquence, la productivité moyenne de la main-d'œuvre s'en trouve accrue, grâce à une utilisation plus efficace des ressources disponibles pour la culture du pois d'Angole.

Le nombre d'actifs agricoles a un effet significatif et négatif sur la marge nette, le taux de rémunération de la main-d'œuvre, et le ratio bénéfice-coût. Alors que l'on pourrait s'attendre à ce que davantage de main-d'œuvre améliore la rentabilité de la culture du pois d'Angole en permettant d'accomplir les opérations agricoles en temps opportun, comme le suggèrent Mishra et al. (2018) et de Feng (2008), les résultats de cette étude montrent qu'une forte disponibilité de main-d'œuvre conduit à une utilisation inefficace de cette ressource dans la zone d'étude.

## **Conclusion**

Il existe divers systèmes de culture de pois d'Angole dans la zone d'étude : 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 rotation (système 4), la culture intercalaire en monoculture (système 5), et la culture intercalaire en rotation (système 6). Tous ces systèmes sont rentables en termes de marge nette (MN), de productivité moyenne de la main-d'œuvre (PML) et de ratio bénéfice-coût (RBC). Toutefois, les systèmes 1 et 2 se démarquent par une MN plus élevée, tandis que les systèmes 1 et 3 excellent en PML et en RBC. Les systèmes 5 et 6 sont les moins avantageux pour ces indicateurs, indiquant que la culture intercalaire de pois d'Angole offre moins de bénéfices économiques et financiers. Une analyse approfondie montre que les systèmes 1, 2 et 4 améliorent significativement la MN, la PML et le RBC. Le système 3 a un effet positif, bien que significatif seulement pour la PML et le RBC. De plus, des facteurs comme le sexe de l'exploitant, l'existence d'une activité secondaire, l'expérience dans la culture du pois d'Angole, l'appartenance à un groupement de producteurs, le nombre d'actifs agricoles et la superficie de terres disponibles influencent de manière significative et variée la rentabilité de cette culture. Il est donc recommandé de concentrer les efforts sur les 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.

**Déclaration pour les participants humains :** Cette étude a été approuvée par le Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Economiques

et Sociales (LARDES) et les lignes directrices proposées par l'American Psychological Association (APA) ont été respectées.

### 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](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.ijedr.org](http://www.ijedr.org)), 6(6), 1-6. <http://www.ijedr.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%20villages/Cahier%20des%20villages%20et%20quartiers%20de%20ville%20des%20Collines.pdf](https://instad.bj/images/docs/insae-statistiques/enquetes-recensements/RGPH/1.RGPH_4/resultats%20finaux/Cahiers%20villages/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 Makueni 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. Knief, U., Forstmeier, W., 2021. Violating the normality assumption may be the lesser of two evils. *Behav. Res. Methods*, 53, 2576–2590. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01587-5>
59. 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>
60. 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>
61. 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.
62. 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>
63. 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.
64. 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.
65. Manyasa, E.O., Silim, S.N., & Christiansen, J.L. (2009). Variability patterns in Ugandan pigeonpea landraces. *Journal of SAT Agricultural Research*, 7, 1-9.
66. 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>
67. 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.
68. 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>
69. 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>
70. 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.
71. 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](https://agritrop.cirad.fr/557822/1/document_557822.pdf)
72. Nuama, E. (2006). Measure of the Technical Efficiency of Women Farmers of Food Crops in Côte-d'Ivoire. *Economie rurale*, 296(6), 39-53.
73. 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>
74. 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.
75. 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>
76. 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>
77. 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](https://doi.org/10.1007/978-3-319-25135-6_42)
78. 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>
79. 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>
80. 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>
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](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., & Biauou, 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 Co-operative 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., Paraïso, 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. 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>
102. 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>
103. 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>

104. 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>
105. 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>
106. 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](https://doi.org/10.33495/jacr_v7i6.19.131)
107. 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>