Revue Française d'Economie et de Gestion
ISSN : 2728- 0128
Volume 6 : Numéro 7

L'EFFET DE L'AGROFORESTERIE SUR LA PRODUCTIVITE DES EXPLOITATIONS CACAOYERES EN COTE D'IVOIRE

THE EFFECT OF AGROFORESTRY ON THE PRODUCTIVITY OF COCOA FARMS IN IVORY COAST

KOUADIO YAO HERMANN
Doctorant
Ecole Doctorale des Sciences Economiques, Juridiques, Politiques et de Gestion (ED-SEJPG)
Université Félix Houphouet Boigny- Côte d'Ivoire
Centre Ivoirien de Recherches Economiques et Sociales (CIRES)

Date de soumission : 03/04/2025

Date d'acceptation : 28/06/2025

Pour citer cet article :

Kouadio. H. (2025) « L'EFFET DE L'AGROFORESTERIE SUR LA PRODUCTIVITE DES EXPLOITATIONS CACAOYERES EN COTE D'IVOIRE », Revue Française d'Economie et de Gestion « Volume 6 : Numéro 7 » pp : 217- 234.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Résumé

Cette étude vise à montrer l'effet du peuplement en arbres des exploitations cacaoyères sur la productivité de celles ci. L'étude a été réalisée à Mbrimbo dans le département de Tiassale appartenant à la région de l'Agneby-Tiassa. Pour mener à bien notre étude, nous avons enquêté 100 producteurs de cacao dont certains pratiquent l'agroforesterie et d'autres non. Plusieurs classes de rendement des plantations ont été définies. Nous avons le rendement faible c'est-à-dire inférieur à 450 kg/ha ; le rendement moyen qui est un rendement compris entre 450 et 600 kg/ha et le rendement elevé qui est un rendement supérieur ou égal à 600 kg /ha. Le modèle Logit a été utilisé pour déterminer la probabilité qu'une exploitation selon son peuplement en arbres, appartienne à une catégorie de rendement.

Au terme de notre analyse, il a été prouvé que plus la densité excède 50 arbres/ha, la probabilité que l'exploitation ait un rendement faible baisse. Ainsi, à partir d'un peuplement de 50 arbres/ha, quand la densité d'arbres augmente, la probabilité que l'exploitation ait un rendement élevé augmente. Les arbres ont un effet positif sur la productivité des cacaoyers, alors il est donc conseillé aux cacaoculteurs d'adopter l'agroforesterie afin d'accroitre la productivité de leurs exploitations et par ricochet leurs revenus. Cependant, il faudra étendre la recherche pour connaitre la limite de densité d'arbres necessaire pour que l'effet positif des arbres sur la productivité des cacaoyers soit assuré.

Mots clés : Cacaoyères ; agroforesterie ; rendement ; Logit ; Productivité.

Abstract

This study aims to show the effect of tree stands on cocoa farms on their productivity. The study was carried out in Mbrimbo in the department of Tiassale belonging to the region of Agneby-Tiassa. To carry out our study, we surveyed hundred cocoa farmers, some of whom are agroforestry and others not. Several yield classes of plantations have been defined. We have the low yield, that is less than 450 kg/ha; the average yield which is a yield between 450 and 2600 kg/ha and the high yield which is a yield of 600 kg/ha or more. The Logit model was used to determine the likelihood that a farm, based on its tree stand, would fall into a yield category. In our analysis, it has been shown that the more the density exceeds 50 trees/ha, the lower the probability of a low yield operation. Thus, from a stand of 50 trees/ha, when tree density increases, the probability that the farm will have high yields increases. Trees have a positive effect on cocoa productivity, so cocoa farmers are advised to adopt agroforestry in order to increase the productivity of their farms and thus their incomes. However, more research will be needed to determine the tree density limit necessary for a positive effect of trees on cocoa productivity.

Keywords: Cocoa trees ; agroforestry ; yield ; logit ; productivity.

INTRODUCTION

Au rythme actuel de la déforestation, la Côte d'Ivoire est en voie de perdre la totalité de son couvert forestier d'ici à l'horizon 2040 si aucune solution n'est trouvée. L'extension des terres agricoles pour la culture du cacao, dont le pays est premier producteur mondial, est l'un des principaux moteurs de déforestation. La baisse drastique de la fertilité des sols, les maladies, le vieillissement des plantations et l'absence de bonnes pratiques agricoles sont autant de facteurs qui ont poussé les petits producteurs de cacao ivoiriens à chercher de meilleurs rendements sur les terres forestières. Cette situation, néfaste pour la biodiversité ivoirienne et exacerbée par les effets du changement climatique, met en péril un secteur économique stratégique pour la Côte d'Ivoire.

Ainsi, la quête d'une alternative écologique, et économiquement profitable à l'agriculture, a poussé plusieurs chercheurs à proposer l'agroforesterie (Rice et Greenberg, 2000 ; Sonwa et al., 2007 ; Adou Yao et al., 2016), une activité agricole complexe intégrant les arbres aux cultures et à l'élevage du bétail (Nair, 1993). L'agroforesterie peut être définie comme l'ensemble des agrosystèmes où arbres, cultures, et parfois animaux, sont associés de façon simultanée sur une même parcelle et interagissent entre eux (Nair et al., 2008). Cette méthode agricole est considérée comme prometteuse pour atténuer le changement climatique et s'y adapter, tout en améliorant la productivité agricole (Feliciano et al., 2018). Elle est considérée par les chercheurs comme une des meilleures solutions pour réconcilier durablement la production agricole et la protection de l'environnement (Agroforestry Systems, 1982 ; Vroh et al., 2017). De ce fait, le gouvernement ivoirien a décidé de promouvoir la cacaoculture durable, respectueuse de l'environnement. Dans le cadre de la déclaration de New York sur les forêts, l'Etat de Côte d'Ivoire s'est engagé en 2014 à produire un cacao ivoirien zéro déforestation à partir de 2017 et de restaurer 20 % du couvert forestier ivoirien d'ici à 2030.

L'atteinte d'un tel objectif, demande la mise en place d'un système agroforestier permettant d'associer aux cacaoyers la culture des arbres. Cet agrosystème transforme le paysage en le rendant plus résilient à la sécheresse et aux changements climatiques. Cependant, pour permettre aux cacaoculteurs d'adopter cet agrosystème sans crainte, il apparait necessaire de montrer l'effet qu'a le peuplement en arbres des plantations sur la productivité des cacaoyers.

Ainsi, nous allons montrer dans ce travail, l'effet de l'Agroforesterie sur la qualité du sol et par ricochet sur le rendement des exploitations de cacao.

L'agroforesterie étant l'ensemble des agrosystèmes où arbres et cultures sont associés de façon simultanée sur une même parcelle, si nous considérons l'association de culture de cacao et

arbres et si nous nous en tenons aux interactions écologiques et économiques entre les différents éléments dans un système agroforestier (ICRAF,1980), nous pouvons nous poser la question de savoir :

- S'il existe un lien entre l'association d'arbres à la culture de cacao et la productivité du cacaoyer ?
- Si le rendement d'une exploitation cacaoyère en agroforesterie est fonction de la densité en arbres de cette exploitation ?

L'objectif principal de notre étude est de connaître l'impact de l'agroforesterie sur la productivité des cacaoyers.

De façon opérationnelle, nous allons analyser le lien entre la productivité d'une exploitation cacaoyère et sa densité en arbres, toute chose égale par ailleurs. Aussi, il s'agira pour nous de mettre en lumière l'impact de l'association d'arbres avec les cacaoyers dans une exploitation en comparant la productivité des cacaoyères agroforestières et celles en culture pure, toutes chose égale par ailleurs.

Hypothèses de recherche

H1 : l'agroforesterie a un impact positif sur la productivité d'une exploitation cacaoyère

H2 : plus une exploitation est dense en arbres, plus sa productivité augmente

1. Revue thématique

Cette partie explore les effets de l'agroforesterie sur divers aspects de la productivité des exploitations cacaoyères biologiques, en se concentrant sur les publications récentes.

1.1. Amélioration de la fertilité des sols et du cycle des nutriments

Plusieurs études récentes mettent en évidence le rôle des arbres d'ombrage dans l'amélioration de la fertilité des sols dans les systèmes cacaoyers. C'est le cas de Sileshi et al. (2021) qui ont démontré que la présence d'arbres légumineux dans les plantations de cacao augmente la teneur en matière organique du sol et la disponibilité de l'azote grâce à la fixation biologique de l'azote. Ils ont également observé une amélioration de la structure du sol et de la rétention d'eau. Tscharnte et al. (2022) ont synthétisé une vaste littérature et ont constaté que la diversité des arbres d'ombrage est positivement corrélée avec la densité microbienne du sol, ce qui favorise la décomposition de la matière organique et la libération progressive des nutriments essentiels pour le cacaoyer. Ruffino et al. (2020) ont étudié l'impact des systèmes agroforestiers sur le cycle du phosphore et ont montré que certains types d'arbres d'ombrage peuvent améliorer la disponibilité du phosphore en mobilisant les formes insolubles présentes dans le sol.

1.2. Régulation des ravageurs et des maladies

L'agroforesterie peut également contribuer à la régulation naturelle des ravageurs et des maladies dans les systèmes cacaoyers, réduisant ainsi la dépendance aux intrants externes.

Van Bavel et al. (2023) ont mis en évidence que la complexité structurelle des systèmes agroforestiers favorise la présence d'ennemis naturels des ravageurs du cacaoyer, tels que les parasitoïdes et les prédateurs. La diversité des habitats offerts par les arbres d'ombrage joue un rôle clé dans cette régulation biologique. Wale et al. (2022) ont exploré l'effet de l'ombrage sur l'incidence de la pourriture brune, une maladie majeure du cacaoyer. Leurs résultats suggèrent qu'un ombrage modéré peut réduire l'humidité excessive au niveau du couvert végétal, limitant ainsi le développement du pathogène. Gurr et al. (2021) ont examiné le rôle des fourmis dans les systèmes agroforestiers cacaoyers et ont constaté que certaines espèces de fourmis arboricoles peuvent agir comme agents de biocontrôle contre les foreurs de tiges et de cabosses.

1.3. Amélioration du microclimat et résilience face aux changements climatiques

Les arbres d'ombrage modifient le microclimat au sein des plantations de cacao, ce qui peut avoir des effets positifs sur la croissance et la productivité, en particulier dans le contexte du changement climatique. Jagoret et al. (2020) ont démontré que l'ombrage réduit le stress thermique et le déficit hydrique pour les cacaoyers pendant les périodes de forte chaleur et de sécheresse. Cela peut se traduire par une meilleure floraison, une nouaison accrue et une réduction des pertes de rendement. Blaser et al. (2018) ont souligné que les systèmes agroforestiers cacaoyers stockent plus de carbone que les monocultures, contribuant ainsi à l'atténuation du changement climatique. De plus, la diversité des espèces d'arbres peut améliorer la résilience de l'ensemble du système face aux événements climatiques extrêmes.

Somarriba et al. (2023) ont étudié l'impact de différentes configurations d'ombrage sur le bilan hydrique des plantations de cacao et ont identifié les systèmes qui optimisent l'utilisation de l'eau.

1.4. Impact sur le rendement et la qualité des fèves

Vaast et al. (2009) ont mené une méta-analyse des études sur l'ombrage et le rendement du cacao et ont constaté qu'un ombrage modéré peut maintenir, voire augmenter le rendement à long terme, en particulier dans les systèmes biologiques où les intrants externes sont limités.

Villeneuve et al. (2021) ont exploré l'impact de l'agroforesterie sur la qualité des fèves de cacao biologique et ont rapporté que certains systèmes d'ombrage peuvent influencer positivement la teneur en beurre de cacao et le profil aromatique des fèves.

Asare et al. (2022) ont comparé la rentabilité des exploitations cacaoyères biologiques en monoculture et en agroforesterie et ont montré que, malgré un rendement initial potentiellement plus faible dans les systèmes agroforestiers, la diversification des revenus (fruits, bois, etc.) et la réduction des coûts d'intrants peuvent améliorer la rentabilité globale à long terme.

L'effet de l'agroforesterie sur le rendement du cacao est complexe et peut varier en fonction des espèces d'arbres d'ombrage, de leur densité, de l'âge des plantations et des pratiques de gestion. L'effet de l'agroforesterie sur le rendement peut varier aussi d'une région à une autre selon le climat et la qualité des sols de cette région. Notre revue thématique montre bien que plusieurs études ont porté sur le rendement des cacaoyères agroforestières dans d'autres régions du monde. Cependant, en Côte d'Ivoire et plus précisément dans la région de l'Agneby-Tiassa, le lien entre rendement et densité d'ombrage dans les cacaoyères agroforestières reste encore méconnu.

Dans ce travail, l'analyse ne se fera pas sous l'angle de la quantification de services écosystémiques, mais plutôt en analysant l'impact économique des systèmes agroforestiers à cacaoyer. Ce travail consistera à mettre en exergue le lien entre la densité en arbres des exploitations cacaoyères et le rendement à l'hectare de celles-ci dans notre zone d'étude.

Il s'agira pour nous de montrer, si dans notre zone d'étude, les arbres dans une exploitation cacaoyère influence positivement ou négativement la productivité de cette exploitation.

Nous ferons notre analyse en utilisant la statistique descriptive ainsi qu'un modèle économétrique approprié pour mieux élucider le lien entre la variable rendement de l'exploitation et la densité de celle-ci en arbres.

2. Méthode d'analyse et collecte de données

2.1. Présentation de la zone d'étude

2.1.1. Situation géographique de la zone d'étude

L'étude s'est réalisée dans la région de l'Agneby-Tiassa. Le choix de cette région n'est pas fortuit, car cette région est connue pour être grande productrice de cacao avec une forte adoption de l'agroforesterie. Cette région abrite une importante coopérative de cacaoculteurs dans le département de Tiassalé plus précisément à M'Brimbo. Cette société coopérative nommée SCEB compte plus de 300 producteurs de cacao.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Source : CNTIG, 2012

2.1.2. Démographie

Le recensement général de la population et de l'habitat (RGPH, 2014), évalue la population de la région de l'Agnéby-Tiassa à environ 606.852 habitants. Le département de Tiassalé qui abrite notre zone d'étude est peuplé de 179.882 habitants (RGPH, 2014). La ville d'Agboville est le chef-lieu de région avec une superficie d'environ 3.850 km² soit 64 hab/km².

2.2. Echantillonnage

Des données primaires ont été collectées pour conduire notre étude. L'échantillonnage a été réalisé sur les producteurs du département de Tiassalé dans la région de l'Agnéby-Tiassa. La population enquêtée est composée de producteurs de cacao dont certains pratiquent l'agroforesterie et d'autres la culture pure.

Le choix de la région de l'Agneby-Tiassa a été fait parce qu'elle correspond le mieux aux critères de recherche, en l'occurrence, avoir plusieurs années d'expérience dans la production de cacao en agroforesterie comme en culture pure. Ensuite, nous avons tiré de façon aléatoire un département avec une forte présence de cacaoculteurs pratiquant l'agroforesterie pour certains et la culture pure pour d'autres. Cette sélection aléatoire s'est portée sur le département de Tiassalé. Le choix des producteurs de cette localité a été opéré de façon aléatoire sur la base d'une liste de 300 ménages producteurs de cacao, obtenue auprès des coopératives. Ainsi, 100 producteurs de cacao ont été retenus pour être enquêtés.

2.3. Enquêtes

Les enquêteurs sélectionnés, au nombre de quatre ont chacun un niveau d'étude minimum de BAC tous issus de la coopérative SCEB (Société Coopérative Equitable du Bandama). Avant

le démarrage de l'enquête, les agents ont reçu une formation sur l'emploi du logiciel « KoboCollect » et aussi sur le questionnaire. Des simulations ont été faites pour se rassurer que les agents enquêteurs ont mieux assimilé la formation.

Les enquêteurs ont recueilli les réponses aux questionnaires liés aux exploitations avec les exploitants eux-mêmes et ont procédé à une vérification des informations avec la coopérative à laquelle le chef d'exploitation est affilié. Quand les réponses du producteur concordent avec celles de la coopérative affiliée, alors les données sont retenues.

Le questionnaire comprend deux volets : un volet relatif au ménage et un autre lié à l'unité de production.

La collecte de données s'est effectuée sur la période d'août 2022 à novembre 2022. Au terme de cette phase de collecte de données, un échantillon de 100 producteurs de cacao a été enquêté. La répartition de cet ensemble est référencée dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° 1 : répartition par localité des populations enquêtées

Localité	M'brimbo	Ahouakro	Singrobo
Population enquêtée	30	25	45

Source : enquête, 2022, auteur

2.4. Méthode d'analyse

2.4.1. Choix et justification du modèle

Pour mener à bien notre analyse, il convient d'expliciter la démarche qui permettra de capter au mieux la variation du rendement d'une exploitation induite par l'adoption de l'agroforesterie. De ce fait, il serait nécessaire d'analyser le rendement de plusieurs exploitations cacaoyères biologiques existant dans un même espace, ayant les mêmes âges et traitées de la même façon. Parmi ces exploitations, certaines sont des cacaoyères agroforestières et les autres des cacaoyères non agroforestières.

Selon le ministère ivoirien de l'agriculture (circulaire DGPAAT/SDEA/C2010-3047 du 25 mai 2010), les conditions pour que des parcelles soient considérées comme parcelles agroforestières sont :

- systèmes associant sylviculture et agriculture sur les mêmes superficies ;
- densité d'arbres comprise entre 30 et 200 arbres par hectare ;
- positionnement des arbres compatibles avec l'exploitation agricole.

La densité maximale est fixée à 200 arbres/ha.

Ainsi, les exploitants de notre zone d'étude qui pratiquent l'agroforesterie respectant ces conditions, il nous reste qu'à analyser le rendement des exploitations agroforestières et celles en culture pure.

Notre démarche méthodologique sera axée sur un modèle qui nous permettra de mettre en relation le niveau de rendement de l'exploitation et l'agrosystème adopté (système agroforestier ou culture pure). On aura donc comme variable dépendante le rendement qui prend trois modalités ordinales (faible, moyen et élevé) et comme variables explicatives, l'adoption de l'agroforesterie en tant que variable d'intérêt ajoutée à des variables de contôle. Les modalités du rendement sont des variables continues qui prennent des valeurs dans des intervalles de rendement prédéfinis. Dans le cas de notre travail on a :

Rendement faible (< 450 kg de fèves de cacao/ha) ;

Rendement moyen [450 kg de fèves de cacao/ha ; 600 kg de fèves de cacao/ha [;

Rendement élevé (≥ 600 kg de fèves de cacao/ha).

Il s'agira donc de déterminer la probabilité qu'une exploitation appartienne à une classe de rendement (faible, moyen ou élevé) sachant que l'exploitant pratique l'agroforesterie ou la culture pure. Cependant, pour une bonne analyse, il convient d'ajouter à notre variable d'intérêt d'autres variables susceptibles d'influencer le rendement d'une exploitation. Ces catégories de rendement sont définies par des intervalles. Un tel raisonnement pour capter la classe de rendement à laquelle appartient l'exploitation à partir de la pratique ou non de l'agroforesterie nous amène à utiliser un modèle logistique ordonné. Lorsqu'il s'agit de mettre en relation un ensemble de variables indépendantes et une variable dépendante catégorielle, la plupart des auteurs, tel que Liao (l994), suggèrent de recourir à un modèle de probabilité, c'est-à-dire un modèle qui établit cette relation à partir de la probabilité que la variable dépendante prenne une valeur particulière au lieu de l'établir directement à partir de cette valeur. Ces auteurs proposent donc le modèle logistique ordonné pour résoudre ce genre de problèmes.

2.4.2. Définition des variables

Le choix des variables explicatives (X_i) s'est fait sur la base de la revue de la littérature sur les facteurs susceptibles d'influencer la productivité agricole. Dans le cas de notre travail, la variable « pratique de l'agroforesterie » est notre variable explicative principale et les autres variables telles que l'âge de l'exploitant, le niveau d'étude de l'exploitant, la taille du ménage et l'encadrement technique nous serviront de variables de contrôle.

Tableau n° 2 : Description des variables

Nom de variable	Type de variable	Code	Modalité	Effet attendu
Rendement (kg/ha)	Dépendante	Rend	0 = (< 450) 1 = ([450 ; 600[) 2 = (≥ 600)	
Age du Producteur (ans)	Ordinale	Agepro	1 = (18-35) 2 = (36-55) 3 = (plus de 55)	-/+
Niveau D'étude	Ordinale	Nivet	0 = (aucun) 1 = (primaire) 2 = (secondaire)	+
Taille du Ménage (individu)	Quantitative	Tmeng	-	+
Encadrement du producteur	Qualitative	Encapro	0 = (non) 1 = (oui) -	+
Pratique de l'agroforesterie	Binaire	Agrofor	0 = (non) 1 = (oui)	+

3. Analyse et Interprétation des résultats

3.1. Statistiques descriptives

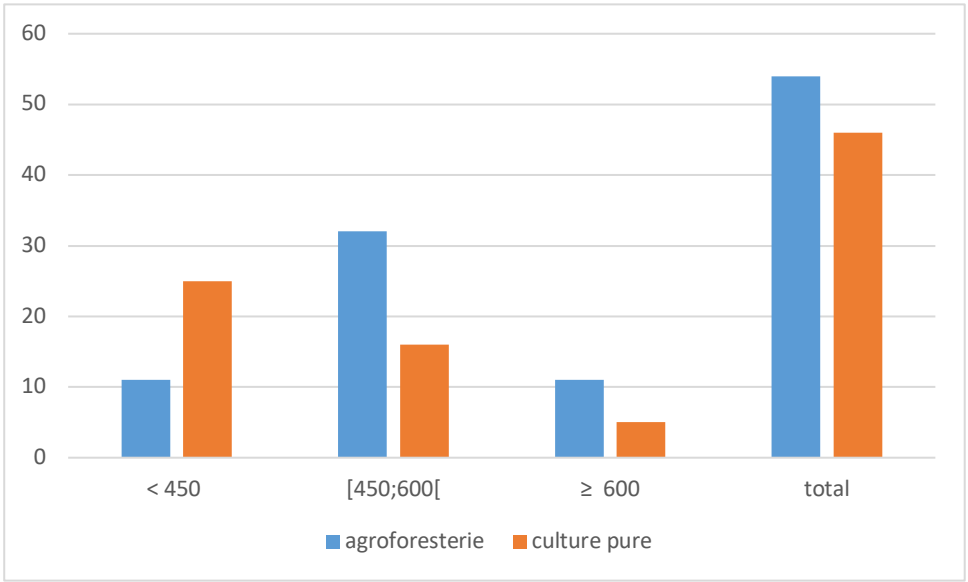


Figure 2 : Rendement agricole selon l'agrosystème pratiqué dans la zone d'étude

Source : données de l'enquête, Auteur, 2022

La figure 2 illustre mieux l'écart de rendement entre les exploitations cacaoyères où se pratique l'agroforesterie et celles issues de la culture pure.

La statistique descriptive nous donne un aperçu d'un rendement plus élevé des plantations agroforestières que celles évoluant en culture pure. Il apparait clairement sur notre figure que les rendements sont plus faibles chez les cacaoyères en culture pure que celles cultivées en agroforesterie. Cependant, cette méthode n'est pas suffisamment pertinente pour une meilleure

comparaison des rendements dans les deux agrosystèmes, du fait qu'elle ne tienne pas compte de certaines variables susceptibles d'influencer significativement la productivité. Par conséquent, nous utiliserons un modèle économétrique pour mieux analyser l'impact de l'agroforesterie sur le rendement des exploitations cacaoyères.

3.2. Estimation du modèle Logistique ordonné

3.2.1. Résultats de l'estimation du modèle

$F(\beta' X_i) = \frac{1}{1+ e^{(-\beta' Xi)}}$

Où $X_i = \beta_0 + \beta_{1agepro} + \beta_2 nivet + \beta_3 tmeng + \beta_4 encapro + \beta_5 agrofor + \varepsilon$

Et β_0 : le terme constant ; β_i : les coefficients à estimer ; ε : le terme d'erreur

Tableau n° 4 : valeurs des paramètres estimés

Ordered logistic regression		Number of obs =	100
LR chi2 (6) = 54.85			
Prob >chi2 = 0.0000			
Log likelihood = - 72.821748		Pseudo R2 =	0.2736

Variables	Coef	Ecart type8	z-stat	p
	>IzI			
Agrofor	1.18284	0.485462	2.44*	0.015
densité>50arb/ha	1.22586	0.5285107	2.33*	0.020
Nivet	0.6786	0.322180	2.11**	0.035
Tmen	-0.11902	0.077728	-1.53	0.126
Agepro	-0.49017	0.362075	-0.14	0.892
Encapro	2.47844	0.547002	4.53*	0.000
Cut 1	0.733644	0.78023	-0.79557	2.26286
Cut 2	4.48424	0.955213	2.61205	6.35642

*Significatif à 1 % **Significatif à 5 % ; ***Significatif à 10 %

Tableau n° 5 : Estimation des effets marginaux

Average marginal effects		Number of obs	8	= 100
Model VCE : OIM				
Dy/dx w.r.t. : agrofor plusde50arb/ha nivet tmen agepro encapro				
1._predict : pr(Rend =0), predict(pr outcome(0)) (rendement faible)				
2._predict : pr(Rend =1), predict(pr outcome(1)) (rendement moyen)				
3._predict : pr(Rend =2), predict(pr outcome(2)) (rendement élevé)				

Variables	Dy/dx	Ecart type	z	p> IzI
Agrofor				
_predict				
1	-0.163798	0.06353	-2.58*	0.010
2	0.04696	0.027143	1.73***	0.084
3	0.11683	0.048267	2.42*	0.015
Plus de 50arb/ha				
_predict				
1	-0.16971	0.07163	-2.37*	0.018
2	0.04866	0.0330794	1.47 8	0.141
3	0.12105	0.0481213	2.52*	0.012
Nivet				
_predict				
1	-0.093971	0.043695	-2.52*	0.032
2	0.026945	0.020194	1.33	0.182
3	0.067026	0.027743	2.42 *	0.016
Encapro				
_predict				
1	-0.34321	0.0466602	-7.36*	0.000
2	0.098411	0.034951	2.82*	0.005
3	0.24479	0.0644013	3.80*	0.000

3.2.2. Interprétation des résultats de l'estimation du modèle

Les coefficients des variables « taille du ménage » et « âge du producteur » ne sont pas significatifs, ces variables ne semblent pas avoir d'impact sur le rendement des exploitations cacaoyères de la zone d'étude. Par contre, les variables « encadrement du producteur » et « pratique de l'agroforesterie » ont des coefficients significatifs au seuil de 1 % et la variable « niveau d'étude » a un coefficient significatif au seuil de 5 %.

Au regard de ces résultats, on peut dire que l'encadrement du producteur est associé à une probabilité très forte d'avoir un rendement agricole élevé. Ainsi, une exploitation cacaoyère dont le chef d'exploitation a reçu un encadrement technique a de fortes chances d'avoir un rendement élevé. De même, les agriculteurs avec un niveau d'éducation plus élevé ont tendance à avoir des rendements plus élevés. C'est-à-dire, plus un chef d'exploitation a un niveau d'étude élevé, plus, il est probable que son exploitation ait un bon rendement.

Nos résultats montrent ici que l'agroforesterie a un effet positif sur la productivité des exploitations cacaoyères de notre zone d'étude. Plus particulièrement notre régression suggère qu'une densité d'arbres supérieure à 50 arbres/ha est associée à une augmentation du rendement élevé du cacao.

Concernant la pratique de l'agroforesterie qui est notre variable d'intérêt les effets marginaux obtenus pourront mieux nous élucider.

L'effet marginal associé au rendement moyen pour une exploitation qui a une densité de plus de 50 arbres/ha est non significatif.

On constate que l'effet marginal associé au rendement faible pour une exploitation qui a une densité de plus de 50 arbres /ha est significativement négatif. Ce qui explique que, plus la densité excède 50 arbres/ha, la probabilité que l'exploitation ait un rendement faible baisse. Et l'effet marginal associé au rendement élevé pour une exploitation qui a une densité de plus de 50 arbres/ha est significativement positif, ce qui veut dire qu'à partir d'un peuplement de 50 arbres/ha, quand la densité d'arbres augmente la probabilité que l'exploitation ait un rendement élevé augmente.

Les effets marginaux indiquent :

- Un effet négatif sur le rendement le plus bas Pr (Rend= 0) : une augmentation de la densité d'arbres au-delà de 50 arbres/ha réduit la probabilité d'a8voir un rendement faible.
- Effet positif et significatif sur le rendement élevé Pr (Rend= 2) : une augmentation de la densité d'arbres au de-là de 50 arbres/ha augmente la probabilité d'avoir un rendement élevé.

3.2.3. Discussions

Nos résultats montrent que la présence d'arbres dans l'exploitation a un effet positif sur sa productivité car lorsque la densité d'arbres excède 50 arbres/ha, la probabilité de se trouver dans un rendement élevé est forte. Notre régression montre l'effectivité d'une relation positive entre la pratique de l'agroforesterie dans une cacaoyère et le rendement de celle-ci. Elle va plus

loin pour montrer à partir des effets marginaux l'importance des arbres dans cet agrosystème. Ce résultat est corroboré par ceux d'autres chercheurs. Felker (1978), Weber et Hoskins (1983) à travers leurs travaux sur l'association d'Acacia albida avec les cultures céréalières au Sahel, ont montré que le rendement des cultures faites à proximité des arbres est couramment le double de celui des cultures à découvert. Selon ces chercheurs, cet accroissement de rendement peut s'expliquer en partie par la fixation d'azote, l'amélioration du microclimat. Ils expliquent cela aussi par la concentration du fumier autour des arbres, du fait des activités des animaux qui se rassemblent sous l'ombre de ces arbres pendant la saison sèche.

Nos résultats sont confortés par les travaux de Benjamin et al. (2000) qui ont montré dans leur étude qu'en plus de l'augmentation du potentiel de rendement financier généré par la diversification des produits, l'agroforesterie stimule l'accroissement de la productivité agricole. Kanzler et al. (2018), dans un système agroforestier intercalaire (SAI) à larges allées cultivées, ont mesuré une augmentation du rendement du blé de 16 % comparativement à un témoin sans arbre. Leur étude a permis de mesurer aussi une diminution significative de la vitesse du vent, du déficit de pression de vapeur de l'air et de la température de l'air dans les SAI comparativement au témoin. De même, l'étude a aussi montré que les SAI peuvent favoriser une augmentation du taux d'infiltration de l'eau et la capacité de rétention de l'eau dans le sol. Plusieurs travaux antérieurs nous amènent à soutenir que les SAI et les haies brise-vent contribuent à augmenter la résilience des sols et des cultures face à l'érosion et aux stress hydriques dans les sols (Link et al. 2015 ; Nasielsky et al. 1997 ; Jones et Sudmeyer 2002 ; Lawson et al. 2019). L'objectif de ces travaux était de montrer l'impact d'un SAI et d'une haie brise-vent sur les conditions microclimatiques, le rendement des cultures agricoles et différentes propriétés des communautés microbiennes (champignons, bactéries…) du sol. Cette méta-analyse met en lumière l'objectivité de notre étude en abondant dans le même sens que les conclusions de nos travaux. L'agroforesterie enrichit le sol en matière organique à partir des feuilles, des branches et des racines des arbres qui tombent au sol et se décomposent. Ce qui améliore la structure du sol, sa capacité à retenir l'eau et les nutriments et favorise l'activité biologique. Les légumineuses souvent utilisées en agroforesterie fixent l'azote atmosphérique dans le sol, le rendant ainsi plus fertile pour les cultures associées. Dans cet agrosystème, les arbres créent de l'ombre ce qui modère les températures extrêmes du sol, réduisant ainsi la perte d'eau par évaporation. Les arbres créent un microclimat favorable pour les cultures en réduisant la vitesse du vent et en augmentant l'humidité relative, puis ils peuvent aussi aider à la pollinisation et réduire les populations de ravageurs et la propagation des maladies. Tous ces

bienfaits de l'agroforesterie ont été prouvés par plusieurs autres chercheurs comme Emmanuel Torquebiau (2002) qui a fait un état des lieux élargi des connaissances sur l'agroforesterie. Ce chercheur du CIRAD, spécialiste de l'agroforesterie a largement mis en évidence le rôle de l'agroforesterie dans la conservation de la biodiversité. Il a montré les bénéfices environnementaux des systèmes agroforestiers comme la régulation du climat, la protection des sols, et les synergies entre agroforesterie et adaptation au changement climatique. Aussi Kouadio et al. (2011) ont montré dans une étude que l'utilisation des arbres fixateurs d'azote comme ombrage des cacaoyers, entraîne une amélioration très rapide de la fertilité du sol au bout de 3 à 4 ans, au lieu de 10 à 15 ans pour les jachères naturelles. Ainsi, nos conclusions sont en phase avec les résultats de Kouadio et al. (2011) qui ont démontré une supériorité de la productivité des cacaoyers dans les systèmes agroforestiers comparativement aux cacaoyers cultivés en culture pure. Selon cette étude, l'augmentation de la productivité des cacaoyers dans ces systèmes agroforestiers est due en grande partie à l'amélioration de la qualité des sols.

Conclusions, perspectives et recommandations

L'objectif de notre étude est d'analyser le rendement des exploitations cacaoyères biologiques dans un système agroforestier. Au terme de nos travaux, les résultats ont permis de déduire que les variables comme l'encadrement, le niveau d'étude du producteur et la pratique de l'agroforesterie ont un impact positif sur la productivité des exploitations cacaoyères. Ces résultats sont confirmés par ceux d'autres chercheurs qui ont montré une relation positive entre ces différentes variables et la productivité agricole.

Pour ce qui est de notre variable explicative principale, c'est-à-dire l'agroforesterie, notre étude a montré un impact positif de cette variable sur la productivité des cacaoyères. Dans notre zone d'étude, il a été prouvé que les exploitations ayant une densité d'arbres de plus de 50 arbres/ ha ont plus de chance d'avoir un rendement plus élevé que les exploitations en plein soleil. De ce fait, il est indéniable de dire que l'agroforesterie s'impose comme une solution prometteuse pour améliorer la productivité et la durabilité des exploitations cacaoyères en se basant sur les résultats de notre étude et de ceux d'autres chercheurs. En favorisant la santé des sols, en régulant le microclimat et en diversifiant les revenus des producteurs, cette pratique agricole durable offre de multiples avantages.

Si l'agroforesterie constitue une voie d'avenir pour la cacaoculture, il reste à approfondir les recherches sur les meilleures associations d'espèces, les techniques de gestion et les impacts à long terme sur les écosystèmes. Il serait aussi impérieux de connaître la densité d'arbres qui pourrait être plus bénéfique aux cultures et celle à partir de laquelle des effets néfastes

pourraient advenir. Dans cette étude, les résultats suggèrent qu'une densité d'arbres supérieure à 50 arbres/ha favorise un rendement plus élevé du cacao. Cependant, cet effet ne peut être strictement linéaire, il est bien évidemment possible qu'il y ait un seuil à partir duquel l'augmentation de la densité ait un effet contraire. Il serait donc nécessaire d'explorer d'autres pistes de réflexions qui pourront aborder la question de l'optimisation de la densité d'arbres dans les systèmes agroforestiers. Ceci dit, la réflexion peut être menée sur une évaluation de l'impact de différentes densités de plantation d'arbres sur la croissance de la productivité des cacaoyers ou mener une étude comparative de différentes combinaisons d'espèces d'arbres et de cacaoyers en fonction des conditions pédoclimatiques et des objectifs de production.

Aussi la concurrence souterraine pour l'eau à proximité des arbres pourrait être aussi à craindre sous certaines conditions climatiques et édaphiques. Les études déjà effectuées n'ont pas permis de discriminer les effets de la concurrence aérienne par rapport à ceux de la concurrence souterraine des racines sur le rendement des cultures dans les systèmes agroforestiers. Ce qui constitue une limite qui mérite d'être levée à travers de nouveaux travaux sur l'agroforesterie.

A la lumière de ces résultats, l'étude fait des recommandations à trois niveaux : au niveau de l'ANADER, du Conseil Café Cacao et du ministère à charge de l'agriculture.

En premier lieu, l'Etat doit encourager la pratique de l'agroforesterie en Côte d'Ivoire en impliquant fortement ses structures en charge de l'agriculture dans la formation des cacaoculteurs et la promotion de cet agrosystème. De ce fait, l'ANADER doit mettre l'accent sur la formation des cacaoculteurs en agroforesterie et faire une bonne diffusion des avantages de cet agrosystème dans le monde paysan afin de susciter de l'engouement dans l'adoption de cette pratique. Ainsi, les conseillers agricoles de l'ANADER au cours des séances de formation doivent insister sur le fait que l'adoption de l'agroforesterie fait partie des bonnes pratiques agricoles qui améliorent la productivité des exploitations. L'Etat doit faciliter aux producteurs qui souhaitent pratiquer l'agroforesterie, l'acquisition des plants d'arbres et un encadrement particulier pour la réussite de leur activité. L'Etat doit aussi créer une ligne budgétaire pour encourager les cacaoculteurs qui pratiquent l'agroforesterie en leur accordant chaque année des paiements pour services écosystémiques.

Aussi, l'Etat devrait créer des marchés spéciaux pour optimiser les prix des produits issus des cacaoyères agroforestières afin de stimuler l'adoption de cette méthode culturale par les cacaoculteurs.

Références

Adou, C. Y., Kpangui K. B., Vroh B.T.A., Ouattara D. (2016). Pratiques culturales, valeurs d'usage et perception des paysans des espèces compagnes du cacaoyer dans des agroforêts traditionnelles au centre de la Côte d'Ivoire. Rev. D'ethnoécol. 9 : 1-17.

Adou, C. Y., Vroh B.T.A. (2014). Etude de base des indicateurs du programme de promotion des filières agricoles et de la biodiversité (PROFIAB) au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Rapport final. Vol. 2, étude biologique. GIZ, Abidjan. 147 pp.

Agroforestry Systems. (1982). Editorial-What is Agroforestry ? Agrof. Syst., 1 :7-12.

Asare, R., et al. (2022). Title of study comparing the profitability of organic cocoa farms under monoculture and agrforestry.

Barima Y.S.S., Kouakou A.T.M., Bamba., Sangne Y. C., Godron M., Andrieu J., Bogaert J. (2016). Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of Haut-Sassandra (Ivory Coast). Global Ecology and Conservation, : 85-98.

Blaser, J. et al. (2018). How tree diversity promotes multifunctionality in tropical forests and agroforests. Nature Ecology and Evolution, 2(4), 550-557.

Cissé, A., (2013). Caractérisation phytoécolog8ique et estimation de la biomasse des espèces arborescentes des agroforêts à base de cacao du département de Lakota (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondiesde Botanique de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan.

Cissé, A., Aka J.C.K., Kouamé D., Vroh B.T.A., Adou Yao C. Y., N'guessan K.E. (2016). Caractérisation des pratiques agroforestières à base de cacaoyersen zone de forêt dense semi-décidue : cas de la localité de Lakota (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). European Scientific Journal, 12 :50-69.

Conseil Café Cacao (2015). Manuel du planteur de cacao. Edition FIRCA-CNRA, Abidjan. 90pp.

Gurr, G. M. et al. (2021). Ants as natural enemies in tropical agroecosystems.
Annual Review of Entomology, 66, 225-246.8

Jagoret, J. Y. et al. (2020). Shade trees moderate the impact of climate variability on cocoa yields. Agronomy for Sustainable Development, 40(3), 25.

Kouadio K. K. H., Doudou D. T., Tschannen A., Dao D. et Girardin O. (2011). Techniques agroforestières à base de Gliricidia sepium à l'est de la Côte d'Ivoire : impacts et perspectives. Journal of Animal and Plant Sciences 11 : 1374-1379.

Rainforest Alliance, (2020). Programme de certification 2020. Norme pour l'Agriculture Durable 2020 : exigences pour les exploitations agricoles.

Rufino, M. C. et al. (2020). The role of shade trees in phosphorus cycling in cocoa agroforestry systems. Plant and soil, 453(1-2), 331-347.

Sangne C. Y., Barima Y.S.S., Bamba I., N'doumé C.T.A. (2015). Dynamique forestière post-conflits armés de la forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). Vertig O, 15 (3).

Sileshi, G. et al. (2021). Nitrogen fixation and soil fertility enhancement by leguminous shade trees in organic cocoa farms. Agriculture, Ecosystems and Environment, 305, 107176.

Somarriba, E.et al. (2023). Water balance and tree-crop interactions in shaded cocoa systems : A review. Agroforestry Systems, 97(1), 1-188.

Tano A.M., (2012). Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Méagui au Sud-Ouest ivoirien. Doctorat de l'université de Toulouse. Le Mirail. 261 pp.

Tscharntke, T., et al. (2022). The functional role of tree diversity in tropical agroforestry systems. Biological Review, 97(1), 343-369.

Vaast, P. et al. (2019). Meta-analysis of shade effects on cocoa yield :
Implications for climate change adaptation. Field Crops Research, 233, 163-171.

Van Bavel, J. J. et al. (2023). Structural complexity of agroforestry systems enhances natural pest control in cocoa. Agriculture, Ecosystems and Environment, 340, 108175.

Villeneuve, F. et al. (2021). Impact of shade management on cocoa bean quality attibutes in organic farming systems. Journal of the science of Food and Agriculture, 101(5), 2045-2053.

Wale, A., et al. (2021). Shade leveleffects on microclimate and phytophthora pod rot incidence in cocoa farms. Crop protection, 159, 105879.