

Choix des pratiques d'intensification et caractéristiques socio-économiques des exploitations du mil sanio au Sénégal

Sandjiry DIOP¹

(Reçu le 23/04/2025; Accepté le 15/05/2025)

Résumé

L'objectif de cette étude est d'analyser le choix des pratiques d'intensification par les agriculteurs selon les caractéristiques des exploitations dans la Haute Casamance. L'approche méthodologique utilise le modèle logit conditionnel à classe latente pour analyser le choix des pratiques d'intensification dans les types d'exploitation. L'estimation du modèle logit conditionnel à classe latente montre que les pratiques du Zai et cordon pierreux, le défrichement amélioré, les engrais chimiques et organiques et les semences améliorées impactent les types d'exploitations traditionnelles (de petites tailles), peu productives (semi-modernes, tournées vers diversification de la production) et très productives ou moderne (utilisant des facteurs pour une production commerciale). Ces résultats soulignent l'importance de la prise en compte des pratiques d'intensification dans les politiques et programmes d'intensification.

Mots clés: Logit conditionnel, Mil sanio, Pratique d'intensification agricole

Choice of intensification practices and socio-economic characteristics of Sanio millet farms in Senegal

Abstract

The objective of this study is to analyze the choice of intensification practices of 200 farmers according to the characteristics of the farms in the Haute Casamance. The methodological approach uses the conditional latent class logit model. The estimation of the conditional logit model with latent class shows that the practices of Zai and stone barrier, improved land clearing, chemical and organic fertilizers and improved seeds impact the types of traditional farms (with small sizes), not quite productive (semi-modern, geared towards diversification of production) and highly productive or modern commercial production. These results highlight the importance of taking into account of intensification practices in agricultural development policies and programs.

Keywords: Conditional Logit, Sanio millet, Intensification practice

INTRODUCTION

En Afrique, l'accroissement de la production agricole provient principalement de la croissance des facteurs traditionnels de production (travail, terre, bétail), avec un accent particulier sur l'expansion des surfaces cultivées et l'utilisation abondante de la main-d'œuvre (Djoumessi, *et al.*, 2020). Une préoccupation majeure est que l'intensification qui se concentre sur la technologie agricole peut conduire à des résultats inéquitables pour les ménages les plus pauvres (Haggare *et al.*, 2021). De surcroît, les nouvelles technologies agricoles sont considérées comme une alternative de sortie de la pauvreté pour plusieurs économies en développement (Ndiaye et Kabou, 2021). Ainsi, les niveaux de productivité de l'agriculture africaine sont relativement faibles comparativement à ceux d'autres régions en développement (Udry, 2010). Dans les systèmes intensifs, les rendements, c'est-à-dire les productions par unité de surface sont généralement élevées (Touzard, 2009). Par conséquent, les opportunités offertes par les innovations technologiques tels que les semences améliorées, les engrais et les équipements agricoles sont devenus des stratégies essentielles pour améliorer l'efficacité technique des économies en développements (Nkamleu, 2004). L'option des politiques agricoles vers l'amélioration de l'efficacité technologique, c'est-à-dire sur les méthodes d'intensification agricole dans les années 1970 à 2000, a permis la progression de 15% de la production des systèmes agricoles traditionnels (Diagne, 2014).

Dans le contexte actuel, les agriculteurs font en grande partie des choix rationnels dans la gestion des compromis. Ils font des compromis sur la mesure dans laquelle les objectifs sont atteints, en poursuivant une combinaison d'approches qui

atteignent les objectifs dans une certaine mesure (Adolph *et al.*, 2020). Les théories de la croissance et de productivité agricole montrent que les mutations technologiques ont joué un rôle essentiel sur la transformation structurelle de l'économie et l'amélioration du bien-être dans les pays en développement (De Janvry *et al.*, 2015). Le modèle de base des ménages agricoles fournit un point de départ utile pour réfléchir sur les caractéristiques environnementales dans lesquelles les agriculteurs africains opèrent et fournissent des hypothèses initiales sur les raisons pour lesquelles les rendements en intensité sont faibles (Udry, 2010). Des recherches s'intéressent aux pratiques qui permettraient de favoriser l'adhésion d'un large nombre d'agriculteurs sur un même territoire afin d'assurer une meilleure productivité. Ces pratiques permettent de profiter d'économies d'échelle sur les coûts de mise en œuvre et d'initier un effet d'entraînement susceptible de faire évoluer les types d'exploitations agricoles de façon pérenne (Kuhfuss *et al.*, 2014).

Dans le contexte actuel d'une agriculture sénégalaise tournée vers les cultures de rente, une attention particulière est portée sur les pratiques d'intensification dans les politiques de programme agricole pour une souveraineté alimentaire. L'inadéquation entre l'offre et la demande des produits alimentaires suite à de nouvelles habitudes de consommation a progressivement fait émerger des préoccupations relatives à la durabilité des agrosystèmes pluviaux. La zone agroécologique de la Haute Casamance se caractérise par un bon potentiel de production. L'amélioration de la productivité pourrait être une voie essentielle pour réduire la pauvreté et l'insécurité alimentaire (Pingali, 2012).

La justification de cette problématique des pratiques d'intensification en agriculture dans cette zone est née des constats de

¹ Laboratoire Interdisciplinaire de Recherches en Sciences Sociales, Université Alioune Diop de Bambey, Sénégal

la baisse des rendements dans les exploitations agricoles avec les changements climatiques. Mais dans ces zones pluviales, la faible productivité des cultures est due à de nombreux changements globaux, y compris l'inaccessibilité des intrants (semences améliorées, les engrais, et les équipements agricoles) et des facteurs environnementaux (les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes) (Pingali, 2012). Cependant, plusieurs pratiques ont été mises en place par la recherche agricole dans ces régions pour répondre à cette situation notamment à travers: (i) les techniques de conservation du sol et de l'eau (Zai, demi-lune, cordon pierreux, etc.); (ii) les techniques de gestion intégrée des cultures (rotation ou succession culturale, le défrichement amélioré) et (iii) les techniques de gestion intégrée de la fertilité du sol (les engrais chimiques et organiques) (Diaby *et al.*, 2020). Ainsi la question posée est de savoir: quelles sont les pratiques d'intensification adaptées aux types d'exploitations dans la zone ?

L'objectif de cet étude est de monter le choix des pratiques d'intensification selon les caractéristiques des exploitations. Des approches de mesure particulière se dégagent plus souvent de la littérature empirique. Ainsi, la modélisation qui nous intéresse ici est non ordonnée. L'approche économétrique utilisée dans l'étude pour le choix des pratiques est le modèle Logit Conditionnel à classe latente. Le plan adopté pour cette étude présente dans la section 1 une revue de la littérature sur la synthèse de travaux empiriques des approches méthodologiques et les déterminants de choix des pratiques. La section 2 est réservée à la méthodologie présentant les données et l'application des méthodes prédéfinies. La section 3 présente les résultats et les discussions et enfin la dernière section se termine par une conclusion pour résumer les différentes options retenues.

Fondements théoriques de l'adoption des pratiques d'intensification agricole

Les travaux portant sur l'adoption des nouvelles technologies en agriculture permettent d'identifier quelques éléments théoriques de base. Dans la théorie de la production, plusieurs transformations de l'agriculture vont être observées par les premiers économistes. Les premiers travaux économiques vont se pencher sur la compréhension des phénomènes à partir d'analyse d'impact sur les activités, plus particulièrement sur le secteur agricole. C'est le cas des physiocrates qui avancent que l'efficacité de l'agriculture est causée par les nouvelles méthodes de production. Le producteur fonde sa décision d'adoption des technologies sur la base du principe de rationalité, notamment l'hypothèse de maximisation de l'utilité de la théorie néoclassique. Associés à une vision consensuelle du progrès et du développement dans l'agriculture, les travaux sur l'innovation se réfèrent à Schumpeter (1935) et sont marqués par une vision diffusionniste et pragmatique (Faure *et al.*, 2018). L'innovation s'intègre dans un processus d'intensification de la production issu du courant de la révolution verte initiée dans les années 1960 (Dugué *et al.*, 2015). D'autres prolongements des travaux ont intégré la théorie du comportement adaptatif dans les années 1960-1970 sur l'approche micro-économique de la théorie de la production (Chia *et al.*, 2014). Dans la littérature sur la révolution agricole, trois grandes approches se caractérisent par la modernisation des pratiques agricoles, l'intensification des systèmes de production et une forte tendance à la diversification des produits.

Les problèmes fondamentaux relatifs à l'évolution dans le long terme des exploitations portent sur l'adoption du pro-

grès technique et sur les transformations structurelles de ces exploitations. D'après Conley et Udry (2010), les transformations technologiques occupent une place fondamentale dans l'économie développement. L'adoption des pratiques d'intensification intègre les questions micro-économiques par les questions: Comment ? Quand ? Et combien produire ? Les pratiques d'intensification par définition renvoient ici à toutes les nouvelles approches innovatrices capables d'apporter des changements positifs dans les systèmes de productions agricoles. La littérature nous enseigne que les bien-fondés pratiques d'intensification agricoles dans le processus de développement sont l'accroissement des productions agricoles (Hailu *et al.*, 2014).

Dans un contexte d'ancrage dans la théorie de la production, l'adoption des pratiques d'intensification a un effet sur la productivité des céréales, ne serait que par une augmentation des rendements. De ce fait, les pratiques relatives à l'intensification nécessitent des conditions préalables en terme d'investissements publics comme institutionnels. Dès lors, la mise en place de systèmes de cultures innovants pour répondre aux enjeux économiques et environnementaux de l'agriculture doit passer par la compréhension des systèmes de production actuelle. La Banque Mondiale (2018) estime qu'au Sénégal, plusieurs mesures doivent être prises pour atteindre une croissance soutenue de la production et de la productivité agricole. Par conséquent, l'intensification agricole permet la hausse des productions céréalières et agro-alimentaires si les conditions nécessaires sur les pratiques d'intensification sont en place. Juma *et al.*, (2013) ont montré que les innovations agricoles en Afrique ont des effets directs sur la productivité (lutte contre Striga, résistance des céréales).

Synthèse des travaux sur les déterminants du choix des pratiques agricoles

Les politiques agricoles successives ont contribué à harmoniser les conditions de productivité. Ces constats ont pour effet d'inciter les territoires à se spécialiser dans la production où ils ont été plus compétitives en raison d'avantages naturels (climat, sol, relief), structurels (dotation de facteurs), organisationnels (structuration des filières) et financiers (modalité d'accès au crédit) (Kirsch *et al.*, 2017). Dans la littérature, plusieurs travaux se sont concentrés sur l'adoption, la diffusion des pratiques d'intensification et les facteurs influençant le choix des pratiques dans les types d'exploitations agricoles. Une partie de cette littérature s'est penchée sur les facteurs socio-économiques tels que l'âge, l'expérience et le niveau d'éducation, la taille de l'exploitant (Dossa, 2018); Yabi *et al.*, 2016); Desire, *et al.*, 2016; Kuhfuss *et al.*, 2014). Une autre partie a étudié les facteurs liés aux comportements des agriculteurs tels que la motivation, l'organisation institutionnelle, la formation et l'encadrement, l'accès aux crédits, les croyances et la coopération (Thiombiano *et al.*, 2018).

Diaby *et al.* (2020) ont analysé des déterminants de l'adoption de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) dans la zone soudano-sahélienne par le modèle Logit. Les résultats de l'estimation montrent que la formation en RNA, l'utilisation des fertilisants, la perception sur la fertilité des champs et les revenus entraînent une augmentation de la probabilité d'adoption de la RNA. Par contre, l'âge, l'accès aux crédits, la possession du bétail et la perception sur le choc climatique ont une influence négative sur l'adoption de la RNA.

Dans la même dynamique, Saïd *et al.* (2017) ont étudié les préférences des agriculteurs pour un contrat plus flexible avec le modèle Logit conditionnel. Les résultats de l'estimation ont montré que la probabilité de participer aux pratiques des agriculteurs appartenant aux classes est influencée par l'âge, le conseil et la subvention agricole. La limite est le choix des pratiques de base étant donné que les pratiques ne sont pas exclusives. La problématique d'homogénéité des exploitations apparaît avec hétéroscédasticité sans l'utilisation des clusters.

Thiombiano *et al.*, (2018) ont étudié l'adoption des stratégies face aux changements climatiques en utilisant le modèle Logit multinomial. Les résultats de l'estimation montrent que l'adoption du nombre de stratégie augmente avec l'accès à l'informatique sur le climat, l'appartenance à un groupe de producteurs et de la possession de fosses de fumier. À la limite, l'étude ne permet pas de comprendre les déterminants de choix de chaque pratique mais la combinaison de plusieurs de ces dernières. Une réponse courante à ce problème consiste à nier la multiplicité des choix en considérant qu'ils résultent de plusieurs processus de choix parallèles. Le modèle Logit est utilisé pour analyser les facteurs affectant le choix des pratiques et stratégies paysannes face au flétrissement bactérien du bananier au Congo. L'estimation du modèle a permis de constater qu'il existe une corrélation entre les facteurs économiques et le levier de résilience mis en route par les agriculteurs. Il est donc important, au plan conceptuel et managérial, d'identifier les facteurs mettant en jeu une part importante de pratiques multiples de façon à y abandonner l'hypothèse d'un choix unique et d'utiliser les modèles multinomiale Logit ou Probit.

Dossa (2018) a analysé l'adoption de la pratique du coton biologique à travers un modèle de régression logistique. Les résultats de l'étude ont montré que les caractéristiques socio-économiques (âge, taille, accès au crédit) des producteurs ainsi que la distance entre les champs et les ménages des producteurs sont les principaux facteurs qui influencent leur choix de produire ou non par la pratique du coton biologique. Dans le même sens, Yabi *et al.*, (2016) ont analysé les déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin avec le modèle Logit. Les résultats révèlent que le sexe, le mode de faire-valoir des terres mises en culture, l'appartenance à un groupement et l'accès à l'engrais minéral ont une influence positive sur l'adoption de la pratique par les engrais organiques. Ce phénomène correspond à une vocation traditionnelle de la production, à savoir générer des pratiques croisées permettant d'établir la corrélation avec la production. Ceci est d'autant plus vrai que dans la plupart des applications observées dans la littérature, les choix des stratégies appartiennent aux différentes exploitations d'une même zone, ce qui remet alors en cause l'utilité de cette méthode dans ce contexte.

Kuhfuss *et al.* (2014) ont étudié les préférences individuelles et les incitations collectives pour l'adoption des pratiques des herbicides par les viticulteurs grâce au modèle Logit conditionnel au Languedoc Roussillon. Les modèles à classes latentes se basent à la fois sur les choix faits par les répondants et sur un certain nombre de variables explicatives pour déterminer les classes. L'estimation montre que l'âge de l'exploitant, la formation agricole augmente la probabilité de la pratique de réduction de l'herbicide selon les classes de producteurs.

L'originalité de cette étude qui est d'explorer les liens de causalité entre l'adoption des pratiques et les types d'exploitations agricoles est moins développée dans la littérature. Mais, le fait est que les pratiques d'intensification améliorent la productivité qui se traduit par une bonne rentabilité des cultures. Cette chaîne de réflexion dans la littérature peut justifier la corrélation entre les pratiques d'intensification et les caractéristiques des exploitations agricoles et des exploitants. Ainsi, il est important d'explorer ce sujet pour une connaissance du choix des pratiques d'intensification dans les types d'exploitation agricole.

MÉTHODOLOGIE

Spécification du modèle Logit conditionnel à classe latente

À l'origine, les modèles logit conditionnels ont été introduits depuis la fin des années 60 par McFadden (1968) pour expliquer les choix discrets dont l'objectif est de comprendre les choix des individus. Suivant ces théories, l'utilité U procurée par le bien (ou l'alternative) n , caractérisé par un vecteur X_n de K attributs k , à un individu i caractérisé par un vecteur Z_i de A caractéristiques observables. La fonction $U_{i,n}$ est composée d'une partie déterministe et observable $V(X_n Z_i)$, et d'une partie aléatoire non observable $\varepsilon(X_n Z_i)$:

$$U_{i,n} = V(X_n + Z_i) + \varepsilon(X_n Z_i)$$

La partie observable de cette fonction d'utilité dépend des attributs X_{nk} et du poids de ces attributs dans l'utilité procurée par le bien n , représenté par les paramètres β_{nk} du vecteur β_n . Elle est également fonction des caractéristiques z_{ai} , et de leur poids α_{ai} dans la fonction d'utilité:

$$V(X_n, Z_i) = \sum_{k=1}^K \beta_{nk} X_{nk} + \sum_{a=1}^A \alpha_{ai} Z_{ai}$$

La probabilité P_{ni} qu'un individu i choisisse l'alternative n parmi l'ensemble C des alternatives qui lui sont proposées correspond à la probabilité que cette alternative n soit celle qui lui procure la plus grande utilité:

$$P_{ni} = P[V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{ji} + \varepsilon_{ji}, \forall j \in C, j \neq n]$$

$$P_{ni} = P[\varepsilon_{ji} < V_{ni} - V_{ji} + \varepsilon_{ni}, \forall j \in C, j \neq n]$$

Les termes d'erreur ε_{ni} étant inobservables, on suppose que les ε_{ni} sont indépendamment et identiquement distribués (IID) au sein de cette population et entre les alternatives. On a alors:

$$P_{ni} = \frac{\exp(\beta'_n X_n)}{\sum_{j \in C} \exp(\beta'_n X_n)}$$

De plus, on suppose avec un modèle LCM (latent class model) que les β_{jk} sont les mêmes pour tous les individus, ce qui ne permet pas de prendre en compte l'hétérogénéité des préférences au sein de la population. Le modèle à classe latente suppose que les membres d'une même «classe» $s \in S$ ont un vecteur de paramètres β_s , où S est une partition de la population. On estime alors les différents vecteurs β_s pour chacune des classes identifiées dans la population ciblée.

La population totale est donc partitionnée en S classes au sein desquelles les préférences sont homogènes et les ε_{ni} sont Identiques et Indépendamment Distribués (IID), mais entre lesquelles les préférences sont hétérogènes (Greene and Hensher, 2003). On obtient ainsi, pour chaque classe s :

$$P_{ni/s} = \frac{\exp(\beta'_{sn} X_n)}{\sum_{j \in C} \exp(\beta'_{sj} X_j)}$$

Et pour l'ensemble de l'échantillon

$$P_{ni} = \sum_{s=1}^S M_{i,s} \frac{\exp(\beta'_{sn} X_n)}{\sum_{j \in C} \exp(\beta'_{j,s} X_j)}$$

Avec $M_{i,s}$ la probabilité d'appartenance de i à la classe s

Les β_j constituent les paramètres à estimer, avec n allant de 0 à 4 pratiques, i est compris entre 1 à 200 exploitants. La spécification empirique du modèle s'écrit:

$$\text{conditionnellogit } \text{Prat}_i = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Org}_{\text{soc}_i} + \alpha_2 \text{Main}_{\text{ouvri}_i} + \alpha_3 \text{Acq}_{\text{mat}_i} + \alpha_4 \text{Tail}_{\text{exp}_i} + \alpha_5 \text{Prod}_i + \alpha_6 \text{Ac}_{\text{cred}_i} + \alpha_7 \text{Quant}_{\text{sem}_i} + \alpha_8 \text{Qual}_{\text{sol}_i} + \alpha_9 \text{An}_{\text{exp}_i} + \alpha_{10} \text{For}_{\text{agr}_i} + \varepsilon_{ni}$$

Les α_j sont les paramètres du modèle. La pratique de la rotation constitue l'alternative de base. La superficie moyenne de terres possédées est de 9,42 ha par les producteurs enquêtés. Elle est exploitée à hauteur de 70% dont les 30% sont destinées à la culture du mil sano. La surface moyenne de mil sano est de 1,98 hectares donc les exploitations peuvent pratiquer aisément la rotation ou la succession culturale.

Sources de données

Les données de l'étude sont le fruit des enquêtes de terrain réalisées en 2017. L'étude a été réalisée dans l'aire d'intervention du projet Mil Sano du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest. Il s'agit de la Casamance (région de Kolda (12°53'00" N, 14°57'00" O), Sédhiou (12°42'29"

Tableau 1: Signification des variables des modèles

Variabes	Signification
<i>Org soc</i>	Organisation sociale
<i>Prod</i>	Production
<i>Taille</i>	Taille de l'exploitation
<i>An exp</i>	Année d'expérience
<i>Main oeuvr</i>	Main-œuvre
<i>Prat 0</i>	Rotation et succession
<i>Prat 1</i>	Zaï et cordon pierreux
<i>Prat 2</i>	Défrichement amélioré
<i>Prat 3</i>	Semences améliorées
<i>Prat 4</i>	Engrais chimiques et organiques
<i>For agr</i>	Formation agricole
<i>Ac cred</i>	Accès au crédit
<i>Qual sol</i>	Qualité du sol
<i>Acq mat</i>	Acquisition du matériel

N 15°33'25" O)). Ainsi, un échantillonnage aléatoire est fait sur les exploitations agricoles familiales. L'échantillon concerne 23 villages dont chaque village 9 exploitants sont interrogés. En effet, 200 exploitants agricoles ont finalement été interpellés dans le cadre de cette recherche.

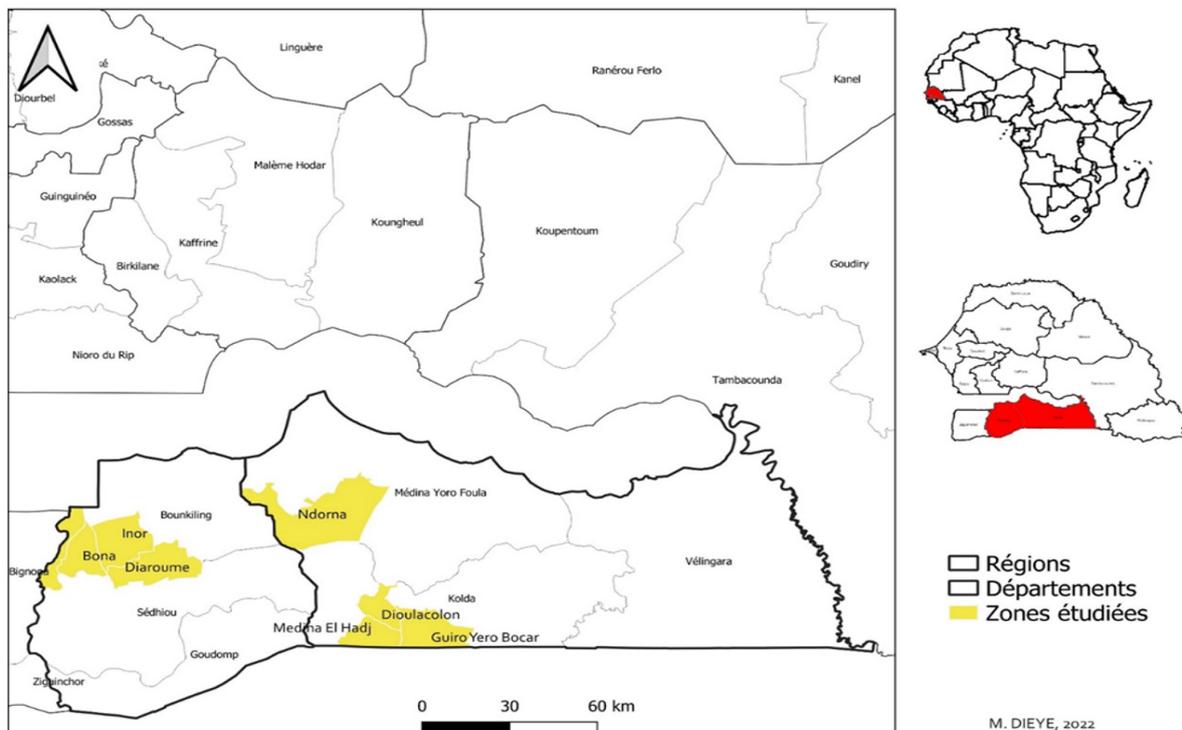


Figure 1: Présentation de la zone d'étude

Tableau 2: Statistiques descriptives des variables quantitatives des modèles

Variabes	Description des variables	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Production mil sano en Kg	Continue	577	375	100	2360
Taille exploitation mil en Ha	Continue	1,66	0,84	1	5
Année d'expérience	Continue	9,63	2,87	4	20
Main-œuvre	Continue	13,3	8,47	2	40
Variabes	Description des variables qualitatives	Proportion dans l'échantillon			
Acquisition de terre	1 : Héritage	79%			
	2 : Achat	15%			
	3 : Autre	6%			
Accès au crédit	1 : Oui	45%			
	0 : Non	55%			
Appartenance à une organisation sociale	1 : Oui	54,5%			
	0 : Non	45,5%			
Formation agricole	1 : Oui	32%			
	0 : Non	68%			
Qualité du sol	1 : Élevé	23%			
	2 : Faible	77%			

RÉSULTATS

Présentation des résultats de l'estimation du Logit conditionnel à classe latente

Le tableau 4 présente les résultats de l'estimation du modèle Logit conditionnel à classe latente des pratiques d'intensification dans la fonction d'utilité sur la production du mil sanio dans la Haute Casamance. La probabilité associée à la valeur de Prob>chi2 est de 0.0000. Ce qui démontre que le modèle est globalement significatif. Le test de Wald confirme que si la probabilité est inférieure à 5% les coefficients du modèle sont significatifs. De même le test du rapport de vraisemblance montre que la plus-value (pval) est égale à 0, ce qui signifie que les variables du modèle sont significatives. Le test de prédiction des probabilités montre qu'il n'y a pas une variabilité des variables du choix des pratiques et des classes. Les résultats indiquent que toutes les pratiques ont un effet positif et significatif sur la fonction d'utilité. En d'autres termes les

pratiques du Zaï ou du cordon pierreux, le défrichement amélioré, et les engrais chimiques et organiques augmentent les probabilités d'intégrer les types d'exploitations en référence à la succession ou rotation culturale. Le passage d'un modèle logit conditionnel à un modèle à classes latentes permet d'améliorer le pouvoir explicatif du modèle, quel que soit le nombre de classes choisi.

DISCUSSION

Les modèles à classes latentes nous permettent d'expliquer les choix des répondants à la fois par les attributs des mesures proposées, mais également par les caractéristiques des exploitants. Nous obtenons trois types d'exploitations ayant des facteurs de choix très différents. En effet, les résultats de l'estimation montrent les pratiques de Zaï ou du cordon pierreux, le défrichement amélioré, et les engrais chimiques et organiques sont des facteurs décisifs sur la typologie comparativement à la rotation ou la succession culturale.

Tableau 4: Estimations du modèle logit à 3 classes latentes

Pratiques	Logit à 3 classes latentes			
	clogit	Type 1 Exploitation traditionnelle	Type 2 Exploitation semi-productive	Type 3 Exploitation très productive
(1) Zaï ou cordon pierreux	0,667*** (0,106)	2,574*** (0,453)	0,450 (0,091)	-0,562 (0,334)
(2) Défrichement amélioré	0,151*** (0,094)	0,206*** (0,346)	1,6215*** (0,195)	-1,330*** (0,352)
(3) Utilisation des engrais	0,014*** (0,108)	0,138 (0,167)	0,531** (0,091)	1,207** (0,242)
(4) Semence améliorée	0,347** (0,112)	0,043 (0,016)	1,235*** (0,156)	0,245** (0,268)
Nombre observation	200	Prob chi2	0.000	
Pseudo LR chi2				0.156 91.85

Niveaux de significativité: *: 10%, **: 5%, ***: 1%

Tableau 5: Résultats de l'estimation des facteurs socio-économiques avec les pratiques d'intensification

Variables	Pratiques	(1) Zaï ou cordon pierreux	(2) Défrichement amélioré	(3) Utilisation des engrais	((4) Semence améliorée
Organisation sociale de base		0,039 (0,012)	-0,071 (0,110)	-0,039 (0,085)	0,088** (0,061)
Main-d'œuvre		0,065** (0,049)	0,019 (0,047)	0,009 (0,055)	0,066 (0,020)
Acquisition de terre					
Héritage		0,082** (0,051)	0,055 (0,015)	0,029 (0,006)	0,088 (0,02)
Achat		0,075 (0,039)	0,042 (0,027)	0,028** (0,038)	-0,004 (0,083)
Taille de l'exploitation		0,086 (0,066)	-0,091 (0,077)	-0,054** (0,053)	0,080** (0,050)
Accès aux crédits		-0,186** (0,089)	0,162** (0,079)	0,018*** (0,055)	-0,104 (0,076)
Quantité de semence		-0,004 (0,009)	0,012 (0,009)	-0,002 (0,007)	-0,015 (0,008)
Qualité du sol		0,055 (0,032)	-0,038 (0,048)	0,024 (0,039)	0,020** (0,160)
Année d'expérience		0,034 (0,014)	-0,040* (0,053)	0,047*** (0,021)	0,031* (0,009)
Formation agricole		-0,130 (0,081)	-0,064 (0,079)	0,1303*** (0,056)	0,064 (0,064)

Niveaux de significativité: *: 10%, **: 5%, ***: 1%

Les résultats de l'estimation montrent que l'application de la technique Zaï ou du cordon pierreux a une influence positive et significative (au seuil de 5%) pour l'appartenance des producteurs dans les exploitations traditionnelles. Le recours à la technique Zaï ou du cordon pierreux augmentent la probabilité d'appartenir aux exploitations traditionnelles par rapport à la rotation et la succession culturale. En effet, la technique exige un travail collectif et donc une main d'œuvre importante. Ces résultats s'expliquent par la diminution accrue de la force de travail agricole et sa pénibilité du fait de la structure rocheuse des sols. Dans un contexte caractérisé par une forte émigration qui engendre la baisse de la main-d'œuvre, cette technique n'est pas appliquée dans les exploitations peu productives et très productives Beye *et al.*, (2018).

L'adoption de la pratique du défrichement amélioré a une influence positive et significative (au seuil de 1%) sur les probabilités d'appartenance dans les exploitations traditionnelles et celles peu productives ou semi-modernes. Par contre, ce coefficient est négatif pour les exploitations très productives ou modernes. L'adoption de la pratique du défrichement amélioré augmente la probabilité d'être dans les exploitations traditionnelles pour les exploitations peu productives ou semi-modernes. Cette pratique diminue la probabilité d'intégrer les exploitations très productives ou modernes comparativement à la rotation et la succession culturale. Le souci premier de la plupart des agriculteurs est donc de maintenir durablement la fertilité des sols à travers l'utilisation d'arbres et d'arbustes fertilisants développés par la recherche.

La pratique des engrais chimiques ou organiques est un déterminant significatif (au seuil de 5%) qui influence positivement les probabilités d'être dans les exploitations peu productives ou semi-modernes et très productives ou modernes. Le fait d'utiliser les engrais chimiques ou organiques, augmente les probabilités d'être dans les exploitations peu productives ou semi-modernes par rapport à la rotation ou aux successions culturales. L'apport des engrais chimiques et organiques en grandes cultures est indispensable pour répondre à leurs exigences nutritionnelles. L'effet bénéfique de ces engrais à la fois sur le rendement et sur la qualité de la culture est bel et bien connu. Ces résultats sont en phase avec les travaux de Fulgie et Rada (2013) qui montrent que l'accroissement de production des exploitations agricoles modernes est corrélé avec l'investissement en intrants. De même, Mbéti-Bessane (2014) a montré l'importance de l'application des engrais comme un des déterminants potentiels du comportement des producteurs face à l'innovation.

Les exploitations peu productives ou semi-modernes et très productives ou modernes apparaissent positivement corrélées à l'intensité d'adoption de la pratique des semences améliorées. L'utilisation des semences améliorées est plus adaptée dans les exploitations peu productives semi-modernes et des exploitations très productives ou modernes par rapport à l'application de la rotation ou la succession culturale. Des études ont montré que les agriculteurs africains accèdent à plus de 90 % de leurs semences à partir des systèmes informels, dont environ la moitié est achetée sur les marchés locaux (McGuire et Sperling, 2016). Les résultats confirment que l'adoption des semences améliorées en mil augmente la productivité dans les exploitations semi-modernes et patronales (Ndiaye et Kabou, 2021).

Dans d'autres logiques, l'utilisation de semences hybrides est productive pour les exploitations traditionnelles grâce à leurs résistances aux maladies et aux sols arides.

En affinant le résultat du logit conditionnel avec la classe latente, l'observation montre une flexibilité de l'adoption des pratiques d'intensification avec les caractéristiques socio-économiques propres aux exploitations agricoles. Ces pratiques sont les différentes variables dépendantes qui sont influencées par des facteurs socio-économiques dans le tableau 5.

Il ressort des résultats que l'organisation sociale de base a une influence positive et significative sur la pratique des semences améliorées. Ces résultats s'expliquent du fait que les organisations sociales de base constituent des cellules d'échanges d'informations et de partage des pratiques. Le schéma d'utilisation des semences améliorées est relativement stable et constitue une solution appliquée *stricto sensu* sur le principe de rationalité envisagé à travers les organisations paysannes. Ces résultats sont en phase avec les travaux de Barham et Chavas (2014) qui affirment que le réseau des producteurs affecte le choix des pratiques d'intensification. De nombreuses études attestent le rôle des réseaux sociaux des agriculteurs dans le partage des informations et dans le processus d'apprentissage des nouvelles technologies (Teno *et al.*, 2018).

La main-d'œuvre a une influence positive et significative (au seuil de 5%) sur l'adoption de la technique Zaï ou du cordon pierreux. Il apparaît donc évident que cette pratique s'accompagne d'un nombre croissant d'actifs agricoles pour répondre aux besoins en main d'œuvre. La mise en place de cette pratique implique l'utilisation d'un nombre important de main d'œuvre. En effet, une technologie exigeante en main-d'œuvre va certainement être plus à la portée des familles nombreuses. Gathala *et al.* (2021) ont montré que par rapport aux pratiques traditionnelles, les pratiques d'intensification durables basées sur l'agriculture de conservation réduisent l'utilisation de la main-d'œuvre. Ces résultats sont en phase avec les travaux de Muktar (2018) et Balde *et al.* (2014), ce qui ne serait pas le cas pour les familles moins nombreuses et pour les nouveaux types d'exploitations modernes et semi-modernes (Teno *et al.*, 2018).

La taille de l'exploitation en superficie a une influence négative sur le choix de la pratique des engrais organiques et chimiques. L'utilisation des engrais chimiques et organiques est fonction de la taille des exploitations agricoles. Le problème de la fragmentation des terres et des inégalités croissantes sur la taille des exploitations est largement et de plus en plus reconnu (Lindjö *et al.*, 2020). Cependant, il est à relever que le signe négatif du coefficient indique que plus la taille de l'exploitation est grande plus le producteur n'a pas la capacité d'appliquer les doses recommandées. La taille du ménage constitue une variable importante dans l'adoption de nouvelles technologies. Ce résultat corrobore par les conclusions de Folefack *et al.* (2012) qui ont trouvé que la taille du ménage a eu un effet significatif et négatif sur la probabilité du choix de la stratégie de la fumure organique.

Le mode d'acquisition des terres par héritage a un coefficient positif et significatif au seuil de 5% sur la technique Zaï ou du cordon pierreux. Ce résultat s'explique par le fait que la technique de cordon pierreux implique aussi que le producteur soit propriétaire du terrain à aménager

car la durée de vie d'un cordon pierreux est de 10 ans en moyenne (Ouédraogo et Lompo, 2006). De même que le mode d'acquisition par l'achat des terres a une influence significative et positive sur l'application des engrais chimiques et organiques. Ainsi, l'exploitant peut faire une production avec une logique d'exploitation patronale pour une diversification et une valorisation de sa production.

Les années d'expérience ont des influences significatives et positives sur la probabilité d'adoption des engrais chimiques et organiques et des semences améliorées. Plus l'exploitant est expérimenté, plus il songe à l'utilisation des intrants agricoles (semences et engrais). Par contre, elles influencent négativement le choix du défrichement amélioré, du fait que l'activité agricole s'enracine dans un processus d'apprentissage social. L'âge renseigne sur les capacités des exploitants à disséquer les pratiques et à les appliquer dans les exploitations (Desire *et al.*, 2016). Ce coefficient négatif s'explique du fait que l'adoption de nouvelles technologies exige un certain niveau de risques associés à la décision du choix des technologies (Yabi *et al.*, 2016).

L'accès aux crédits influence positivement et significativement les probabilités d'application du défrichement amélioré et de l'utilisation des engrais chimiques et organiques. Par contre, le coefficient est négatif pour la technique Zaï ou cordon pierreux. Ces résultats renforcent l'idée selon laquelle l'absence de crédit limite significativement l'adoption des innovations en agriculture. Cependant, les agriculteurs qui dépendent de prêts pour l'achat d'intrants externes peuvent être piégés dans un cercle vicieux d'endettement et d'adaptation des stratégies, comme observé au Malawi (Adolph *et al.*, 2020). Pour Sale *et al.* (2014), les producteurs ayant un accès facile aux crédits auront tendance à mieux adopter les nouvelles technologies. Les agriculteurs font face à des contraintes de liquidité en périodes hors récoltes (Dufflo *et al.* 2011). Toutefois, plusieurs travaux ont révélé que l'accès au crédit est une condition *sine qua non* dans l'adoption d'une pratique agricole (Dossa, 2018; Hailu *et al.* 2014).

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'analyser le choix des pratiques d'intensification selon les caractéristiques de l'exploitation et des exploitants dans la Haute Casamance. L'estimation du modèle Logit conditionnel à classe latente montre que dans cette zone, les exploitations de type traditionnel ont recours au technique Zaï ou du cordon pierreux et défrichement amélioré et très peu aux semences améliorées du mil sonna et au engrais. Les exploitations peu productives ou semi-modernes sont caractérisées par le recours au défrichement amélioré et à l'utilisation des semences améliorées et d'engrais chimiques ou organiques. Les exploitations très productives ou modernes utilisent des engrais chimiques et/ou organiques et des semences améliorées. Les implications de politiques économiques qui dérivent de ces résultats sont les suivantes: investir davantage dans l'innovation technologique pour les petits exploitants en zones non irriguées. Dans ce cas, il sera très important de fournir aux agriculteurs plus d'informations sur les technologies existantes en correspondance avec leur mode d'apprentissage. En termes de perspective, il serait intéressant de connaître les facteurs explicatifs de l'intensification en fonction de la typologie pour apprécier l'hétérogénéité et calculer les scores d'efficacité technique avec le modèle d'analyse de frontière stochastique.

RÉFÉRENCES

- Adolph B., Allen M., Beyuo E., Banuoku D., Barrett S., Bourgo T., Zongo A.F. (2021). Supporting smallholders' decision making: managing trade-offs and synergies for sustainable agricultural intensification. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 19: 456-473.
- Barham B.L., J.-P. Chavas, D. Fitz, V.R. Salas, Schechter L. (2014). The roles of risk and ambiguity in technology adoption. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 97: 204-218.
- Beye A., Sall M., Camara A. (2018). Quels leviers pour améliorer la performance productive des exploitations agricoles en milieu rural sénégalais ? *Revue Ouest-africaine de Sciences Économiques et de Gestion*, 11: 5-26.
- Chia E., Petit M., Brossier J. (2014). Théorie du comportement adaptatif et agriculture familiale. *L'agriculture en famille: travailler, réinventer, transmettre*, 81-100.
- Conley G.T., Udry R.C. (2010). Learning about a new technology: Pineapple in Ghana. *The American Economic Review*, 100:35-69.
- Daniel K. (2001). Localisation des productions agricoles et concentration géographique de la demande. *Revue d'Études en Agriculture et Environnement*, 58: 131-167.
- De Janvry A., Sadoulet E., Kyle E., Dar M. (2015). L'adoption des technologies agricoles: quelles leçons tirer des expérimentations de terrain ? *Revue d'économie du développement*, 23: 129-153.
- Diaby M., Kone Y., Traore K., Togo A.M. (2020). Analyse des déterminants de l'adoption de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) dans la zone soudano-sahélienne: cas des cercles de Diéma et Kolokani au Mali. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14: 473-485.
- Diagne A. (2014). Croissance agricole et options d'investissement pour la réduction de la pauvreté au Sénégal. Quelle perspective pour la GOANA ? Rapport final. CRES et Ministère de l'Agriculture.
- Desire R.M., Bahananga J.M., Basimine B.J., Byombuka S., Barhahakana C., Nguetzet D., Amato S. (2016). Facteurs affectant le choix des pratiques et stratégies paysannes face au flétrissement bactérien du bananier dans la région du Bushi, à l'Est de la République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 18: 58.
- Djoumessi Y.F., Kamdem C.B., Ndeffo-Nembot L. (2020). Sortir des sociétés agraires: la productivité agricole pour faciliter les transformations économiques et la croissance de l'emploi non agricole en Afrique subsaharienne. *Journal du développement international*, 32: 324-341.
- Dossa F.K. (2018). Facteurs socio-économique influençant l'adoption de Coton Biologique au Nord-Est du Bénin: Cas de la Commune de Kandi. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 6: 577-584.
- Dufflo E. Kremer M., Robinson J. (2011). Nudging farmers to use fertilizer: Theory and experimental evidence from Kenya. *The American Economic Review*, 101: 2350-2390.
- Dugué P., Djamen Nana P., Faure G., Le Gal P.Y. (2015). Dynamiques d'adoption de l'agriculture de conservation dans les exploitations familiales: de la technique aux processus d'innovation. *Cahiers Agricultures*, 24: 60-68.
- Faure G., Chiffolleau Y., Goulet F., Temple L., Touzard J.M. (2018). Innovation et développement dans les systèmes agricoles et alimentaires, p. 260 p. Éditions Quae.
- Folefack P.D., Sale A., Wakponou A. (2012). Facteurs affectant l'utilisation de la fumure organique dans les exploitations agricoles en zone sahéenne du Cameroun. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 8(2).
- Gathala M.K., Laing A.M., Tiwari T.P., Timsina J., Rola-Rubzen F., Islam S., Gerard B. (2021). Améliorer les marges brutes des petits exploitants agricoles et l'efficacité de l'utilisation de la main-d'œuvre dans une gamme de systèmes de culture dans les plaines gangétiques orientales. *Développement mondial*, 138: 105266.
- Greene W.H., Hensher D.A. (2003). A latent class model for discrete choice analysis: contrasts with mixed logit. *Transportation Research Part: Methodological*, 37: 681-698.

- Gendron B. (2014). L'essentiel de la Micro-Économie (4^e édition). Paris: Gualino Lextenso éditions.
- Fuglie K., Rada N. (2012). Resources, Policies, and Agricultural Productivity in Sub-Saharan Africa, Economic Research Report Number 145. Productivity Growth in Sub-Saharan Africa. *USDA-ERS Economic Research Report*, 145.
- Haggar J., Nelson D., Lamboll., Rodenburg R. (2021). Comprendre et éclairer les décisions sur l'intensification agricole durable en Afrique subsaharienne, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 19:349-358.
- Hailu B.K., Abriha B.K. (2014). Adoption and Impact of Agricultural Technologies on Farm Income: Evidence from Southern Tigray, Northern Ethiopia. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 2: 91-106.
- Juma C., Tabo R., Wilson K., Conway G. (2013). L'innovation au service de l'intensification durable en Afrique. Commission Montpellier, Agriculture for Impact, Londres.
- Kuhfuss L., Preget R., Thoyer S. (2014). Préférences individuelles et incitations collectives: quels contrats agro-environnementaux pour la réduction des herbicides par les viticulteurs? *Rev. d'Études en Agriculture et Environnement*, 95: 111-143.
- Kirsch, A., Kroll, J. C., & Trouvé, A. (2017). Direct subsidies and environment: Questioning common agricultural policy. *Economie rurale*, 359: 121-139.
- Lindjö K., Mulwafu W., Andersson-Djurfeldt A., Joshua M. (2020). Dynamique générationnelle et intensification agricole au Malawi: Défis pour les petits exploitants agricoles jeunes et âgés. .
- Mbétid-Bessane E., Havane M., Leroy J. (2002). Typologies des exploitations agricoles dans les savanes d'Afrique centrale. Actes du colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun.
- McGuire S., Sperling L. (2016). Systèmes semenciers utilisés par les petits exploitants agricoles. *Sécurité Alimentaire*, 8: 179–195.
- Ndiaye B., Kabou A.B. (2021). Adoption des nouvelles technologies rizicoles sur l'efficacité technique au Sénégal. *Science, technologie, développement*, 1: 1-14.
- Nkamleu G.-B. (2004), Productivity growth, technical progress and efficiency change in African agriculture. *African Development Review*, 16: 203-222.
- Ouédraogo S., Lompo (2006). Rapport pilote d'évaluation de l'impact des recherches en GRN en Afrique de l'Ouest et du Centre. INERA/Ouagadougou.
- Pingali P.L. (2012). Révolution verte: impacts, limites et le chemin à parcourir. *Actes de l'Académie nationale*.
- Saïd S., Mauhé N., Rousset S., Zahm F. (2017). Le consentement à recevoir des agriculteurs français pour plus de flexibilité: cas des contrats agro-environnementaux à enjeu eau. In *11^{èmes} journées de recherche en sciences sociales*, 19 p.
- Sale A., Folefack P.D., Obwoyere G.O., Lenah W.N., Lenzemo W.V., Wakponou A. (2014). Changements climatiques et déterminants d'adoption de la fumure organique dans la région semi-aride de Kibwezi au Kenya. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8: 680-694.
- Udry C. (2010). The economics of agriculture in Africa: Notes toward a research program. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 5: 284-299.
- Teno G., Lehrer K., Kone A. (2018). Les facteurs de l'adoption des nouvelles technologies en agriculture en Afrique Subsaharienne: une revue de la littérature. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 13: 140-151.
- Thiombiano T., Nana T. (2018). Adoption of Adaptation Strategies for Climate change: Case of Burkina Faso Farmers. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 7: 53-65.
- Touzard I. (2009). Évaluer la productivité de l'agriculture familiale: aiguisons nos outils de mesure, *Grain de sel*, 48.
- Yabi J.A., Bachabi F.X., Labiyi I.A., Ode C.A., Ayena R.L. (2016). Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturales 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: 779-792.