

ANALYSE DE L'EVOLUTION DE LA TYPOLOGIE DES EXPLOITATIONS COTONNIERES ENGAGEES DANS LA TRANSITION AGROECOLOGIQUE AU BENIN ET PRATIQUES AGROECOLOGIQUES

H. L. AKPATCHO¹, G. CRINOT², M. SINHA³, P. Y. ADEGBOLA⁴, J. A. YABI⁵

^{1,5}Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales, Faculté d'Agronomie de l'Université de Parakou, Bénin, BP 123 Parakou, République du Bénin. Email : leonakpatcho@gmail.com

²Centre International de Recherche et Formation en Sciences Sociales (CIRFOSS Consulting)

³Institut de Recherches sur le Coton du Bénin ;

⁴Institut National de Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 884 Abomey-Calavi, République du Bénin ;

RESUME

L'analyse socioéconomique de la transition agroécologique est entreprise au Bénin pour améliorer les connaissances sur ce processus en cours dans les zones cotonnières du pays. Cette étude permet de catégoriser les exploitants et d'identifier les pratiques agroécologiques susceptibles d'adoption. Les enquêtes ont porté sur 509 exploitants agricoles dans 5 communes : Banikoara, Kandi, Ouassa-Péhunco, Parakou et Savalou. Les données recueillies sont relatives aux caractéristiques socioéconomiques des exploitations et aux technologies agroécologiques. L'Analyse Factorielle des Données Mixtes est réalisée suivie d'une Classification Ascendante Hiérarchique pour déterminer les différents types d'exploitations. Une analyse comparative des contraintes d'adoption desdites technologies avec les caractéristiques des exploitations est faite. Cinq types d'exploitation ont été identifiés : exploitations cotonnières des agro éleveurs (34,18 %) ; exploitations cotonnières des petits producteurs (28,88 %) ; exploitations cotonnières des producteurs moyens (11,79 %) ; exploitations cotonnières des grands producteurs (21,22 %) et exploitations cotonnières mécanisées (3,93%). Les technologies agroécologiques susceptibles d'être adoptées par type d'exploitation ont été identifiées. Cette recherche sert de base aux études ultérieures sur la caractérisation des exploitations dans les zones cotonnières du Bénin. Elle est aussi utile pour le choix des pratiques agricoles à vulgariser selon les types d'exploitants en vue de booster les performances agroécologiques des exploitations bénéficiaires.

Mots clés : transition agro écologique, technologie agroécologique, typologie, AFDM, stabilité des types.

ABSTRACT

TYPOLGY EVOLUTION ANALYSIS OF COTTON FARMS INVOLVED IN AGROECOLOGICAL TRANSITION IN BENIN / ANALYSIS OF THE TYPOLOGY EVOLUTION OF COTTON FARMS INVOLVED IN AGROECOLOGICAL TRANSITION IN BENIN

A socio-economic assessment of agroecological transition is undertaken in Benin to improve knowledge on the process promoted in cotton areas. This study enables to categorize farmers and to identify the agroecological practices likely to be adopted. Surveys carried out covered 509 farmers in 5 municipalities: Banikoara, Kandi, Ouassa-Péhunco, Parakou and Savalou. Data collected is related to socio-economic characteristics of farms and agroecological technologies. Factorial Analysis of Mixed Data was carried out followed by an Ascending Hierarchical Classification to determine types of farms. Correspondence analysis of constraints of adoption of agroecological technologies resulting from previous work with characteristics of farms types was made. Five types of farms have been identified: cotton farms of agro-pastoralists (34.18%); cotton farms of small producers (28.88%); cotton farms of medium producers (11.79%); cotton farms of large producers (21.22%) and mechanized

cotton farms (3.93%). Agroecological technologies likely to be adopted by type of farm have been identified. This research serves as basis for subsequent studies on characterization of farms. It is also useful for choosing of agricultural practices to particular types of farmers in order to boost agroecological performance.

Keywords: agroecological transition, agroecological technology, typology, AFDM, stability of types.

INTRODUCTION

Les modes de développement de l'agriculture ont eu un impact négatif sur la durabilité des économies mondiales selon international assessment of agricultural science (IAASTD, 2009). Dans les pays d'Afrique subsaharienne, le coton a modifié les systèmes de production traditionnels et a conduit à l'émergence de nouveaux systèmes dont l'intensification de la production par l'utilisation d'intrants de synthèse (Soumaré *et al.*, 2020). Il est devenu nécessaire de nos jours, d'opérer une transformation profonde des modes de production et de s'orienter vers une approche durable de production telle que l'agroécologie qui cherche à maintenir ou à restaurer la fertilité des sols (Berton *et al.*, 2013). L'utilisation de l'agroécologie est en phase transitoire au Bénin avec pour objectif d'améliorer durablement les revenus des exploitations et les rendements agricoles dans les systèmes de culture à base coton, grâce à l'adoption de pratiques agroécologiques et une mécanisation adaptée à ces pratiques selon le ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche (MAEP, 2018). Cette approche pourrait prendre du temps pour être adoptée par les producteurs ; la transition agroécologique étant une longue démarche collective basée essentiellement sur l'observation, l'expérimentation, le partage d'expériences, les échanges de pratiques et de savoir-faire (Claveirole, 2016). Pour favoriser cette transition vers une agriculture plus durable, des solutions alternatives ont mis l'accent sur le rôle positif de la diversification des processus et services écologiques (Altieri, 1999 ; Kremen *et al.*, 2012).

Bien que la transition suive des principes généraux, chaque exploitation a une manière unique d'adopter et d'adapter les pratiques et les stratégies de gestion (Teixeira *et al.*, 2018b). Les producteurs étant différents en termes de gestion des exploitations, de structuration et d'adoption de pratiques agroécologiques, les valeurs et objectifs recherchés sont différents et ancrés dans de différents contextes sociaux et écologiques (Teixeira *et al.*, 2018a). En effet,

les exploitations agricoles n'ont pas toujours les mêmes caractéristiques, ne disposent pas d'un accès identique au foncier ou aux diverses ressources du milieu naturel et ne sont pas dirigées par des exploitants de même âge ou ayant le même niveau d'instruction (Jamin *et al.*, 2007 ; Agossou, 2016). Alors, les défis de la transition agroécologique ne sont pas les mêmes pour tous. Pour cela, les chercheurs doivent orienter leurs approches vers des résultats de recherche construits dans des contextes sociaux spécifiques (Levidow *et al.*, 2014). Aussi, l'analyse de la diversité des exploitations agricoles entraîne deux défis majeurs pour la promotion de l'agroécologie : la compréhension conceptuelle et empirique de la manière d'évaluer la diversité des agriculteurs dans les processus de transition ; et l'approche méthodologique adéquate pour comprendre la relation entre les typologies d'exploitations et les processus de transition (Kuivanen *et al.*, 2016 ; Teixeira *et al.*, 2018b). D'où l'importance de s'intéresser à la typologie des exploitations agricoles (Prazan and Aalders, 2019).

Des travaux antérieurs ont été réalisés sur la typologie des exploitations agricoles au Bénin. C'est le cas de la typologie des exploitations agricoles et l'accès au service agricoles réalisée par Sossou *et al.* (2021) et de la typologie des systèmes de culture de coton biologique au Bénin réalisée par Azonkpin *et al.* (2018). C'est également le cas de la caractérisation des systèmes de coton-culture au Bénin réalisée par Allagbé *et al.* (2014) et de la typologie des exploitations réalisée lors du diagnostic agropastoral dans les zones cotonnières du Bénin par MAEP (2018). Mais rares sont ces études qui se sont focalisées sur les exploitations cotonnières impliquées dans l'agroécologie.

De plus, après cinq ans de transition agroécologique dans ces zones cotonnières pilotes, les caractéristiques des exploitations impliquées peuvent connaître quelques mutations. Aussi, la démarche d'élaboration de la typologie des exploitations suivie par MAEP (2018) n'est pas assez adéquate. Il est vrai que dans la littérature, plusieurs approches existent

(Analyse en Composantes Principales (ACP), Analyse des Correspondances Multiples (ACM), et des classifications de données ; K-means ; Classification Ascendante Hiérarchique ; etc.) et peuvent donner lieu à plusieurs types de typologie (typologie structurelle basée sur les moyens de production disponibles dans l'exploitation ; typologie fonctionnelle basée sur l'enchaînement des prises de décision de l'agriculteur pour atteindre ses objectifs de production ; typologie à partir des critères de performances qui sont souvent couplées aux deux précédentes ; typologie analytique construite à partir de la sélection d'indicateurs discriminants dont les informations proviennent des exploitations elles-mêmes ; typologie statistique obtenue par des analyses factorielles de données empiriques disponibles ; etc.) (Bélières J-F, 2017). Certaines de ces approches se basent sur des données quantitatives uniquement et d'autres sur un ensemble de données quantitatives et qualitatives (données mixtes). Pour mieux décrire les types, il est nécessaire d'introduire simultanément des variables quantitatives et qualitatives dans les modèles d'analyse (Pages, 2015). Certains auteurs transforment les variables qualitatives en variables quantitatives, en décomposant leur intervalle de variation en classes et soumettent le résultat à une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) ; cette méthode est relativement facile mais n'est pas très stable (Pages, 2015).

Ainsi, des méthodes telles que l'Analyse Factorielle des Données Mixtes (AFDM) qui effectuent une réduction de la dimension des variables de données mixtes est utilisée dans le processus de typologie des exploitations (Shakeri *et al.*, 2019). Elles sont adoptées dans cette étude pour tenir compte des récentes méthodes statistiques d'analyse de typologie des exploitations agricoles.

Contrairement au travail de MAEP (2018) qui a concerné toutes les exploitations en zones cotonnières, cette étude se focalise uniquement sur les exploitations cotonnières de ladite zone et a une contribution double à la littérature. Dans un premier temps, elle permet de constituer des groupes assez stables sur lesquels les évaluations futures pourront se baser. En second lieu, cette étude aide à comprendre comment la diversité des exploitations selon leurs structurations peut avoir d'influence sur le choix

des pratiques culturelles dans un processus de transition agroécologique.

MATERIELS ET METHODES

ZONE D'ETUDE

Les zones cotonnières du Bénin sont constituées de l'ensemble des communes où se produit le coton dans le pays. Le nombre de ces communes est de 51 en 2020 avec une concentration dans le nord du pays (MAEP, 2020). Les communes choisies pour la collecte des données de terrain sont Banikoara, Kandi, Ouassa-Péhunco, Parakou, et Savalou. Ces communes sont choisies en raison de leur prise en compte par le projet d'appui à la transition agroécologique dans les zones cotonnières du Bénin depuis 2017. Selon MAEP (2018), Banikoara et Kandi sont situées dans la zone agro climatique soudanienne du Nord-Est dans le département de l'Alibori. Elles sont caractérisées par un sol ferrugineux tropical et un climat sec avec une seule saison de pluies qui dure 5 à 6 mois. La pluviométrie moyenne annuelle y oscille entre 700 et 1200 mm. Les cultures dominantes de cette zone sont le maïs et le coton. On y note un fort cheptel de bovins, d'ovins, de caprins et de volailles. Ouassa Péhunco est située dans la zone agro climatique soudanienne du Nord-Ouest du département de l'Atacora. Elle est caractérisée par une seule saison des pluies et une pluviométrie moyenne annuelle de 700 à 900 mm. Elle constitue une zone de glissement de l'élevage et de la culture cotonnière. Parakou et N'Dali sont situées dans la zone agro climatique soudanienne du Centre-Nord dans le département du Borgou. Elles sont caractérisées par une saison des pluies avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1200 mm. On y rencontre une forte présence de cultures d'igname et de soja avec un peu de coton. Enfin, Savalou est située dans la zone agro climatique soudano-guinéenne du Sud dans le département des Collines. Elle est caractérisée par deux saisons de pluies et une pluviométrie moyenne annuelle de 1400 mm. La culture cotonnière y est pratiquée sur de faibles superficies, à côté du manioc, du maïs, et du niébé. Le village de N'Dali choisi (Komiguéa) est au voisinage de Parakou et s'assimile à la commune de Parakou dans cette étude.



Figure 1 : Situation géographique des cinq communes d'étude dans le Bénin.

Source : Enquête de terrain 2021.

PRATIQUES AGROÉCOLOGIES DIFFUSEES DANS LA ZONE D'ETUDE

Les pratiques agroécologiques en diffusion dans les zones cotonnières du Bénin ont des caractéristiques qui ne leur donnent pas les mêmes chances d'être adoptées par les exploitants. Ainsi le MAEP (2019), au terme de l'étude de faisabilité de la mise à échelle de la transition agroécologique dans les zones cotonnières du Bénin, a identifié trois niveaux de potentialité d'adoption des pratiques agroécologiques en diffusion. Les pratiques à fortes potentialité d'adoption (parcage rotatif, broyage résidus, travail réduit du sol/ strip tillage) ; les pratiques à moyenne potentialité d'adoption (associations culturales, jachères améliorées, amendements organiques localisés/ Zaï en ligne) ; et les pratiques à faible potentialité d'adoption (aménagement en courbes de niveau/ cordons pierreux, production de compost, rotations culturales). Cette classification a été basée sur quelques déterminants d'adoption des innovations agricoles que sont le besoin en main d'œuvre ; le besoin en appui-conseil ; le besoin en matériel végétal (disponibilité de semence de plantes fertilisantes) ; le besoin en équipement ; le besoin

d'un accord collectif et le besoin d'un accès sécurisé au foncier.

La présente étude consacrée à la typologie desdites exploitations permet d'améliorer la classification des pratiques faite par le MAEP (2019) en proposant une correspondance entre les types d'exploitations et les pratiques agroécologiques en diffusion selon les potentialités de leur adoption.

ECHANTILLON ET DONNEES COLLECTEES

La méthode d'échantillonnage utilisée tient compte de l'implication des chefs d'exploitation enquêtés dans la mise en œuvre de la phase pilote du projet d'appui transition agroécologique dans les zones cotonnières (TAZCO). Ceux impliqués constituent le groupe des traités et les autres, le groupe de contrôle.

Pour avoir la parité entre les deux groupes (traités et contrôles), la taille des contrôles est déduite de la taille des traités ; d'où la taille de l'échantillon de 600 chefs d'exploitation à raison de 300 traités et 300 contrôles. Mais lors de l'enquête un total de 509 chefs d'exploitations a été touché sur les 600 prévus dont 32 femmes. L'échantillonnage a donc suivi deux approches :

la prise en compte intégral des chefs d'exploitation traités et le choix aléatoire des chefs d'exploitation contrôles dans une liste de producteurs provenant des villages autres que ceux des traités et dont les moyennes annuelles

des emblavures sont semblables à celles des traités.

Le tableau 1 présente la répartition des chefs d'exploitation enquêtés.

Tableau 1 : Effectif des enquêtés par commune et par genre.

Communes	Producteurs TAZCO			Non producteurs TAZCO			TOTAL
	Hommes	Femmes	Total 1	Hommes	Femmes	Total 2	
BANIKOARA	48	2	50	62	1	63	113
KANDI	47	3	50	52	0	52	102
PARAKOU	31	0	31	24	0	24	55
NDALI	21	0	21	13	0	13	34
PEHUNCO	41	3	44	56	3	59	103
SAVALOU	39	10	49	43	10	53	102
TOTAL	227	18	245	250	14	264	509

Source : Enquête de terrain 2021

Les outils de collecte utilisés sont essentiellement constitués de questionnaires adressés aux enquêtés. Les producteurs traités ceux du projet TAZCO et les producteurs du groupe de contrôle ont été tirés aléatoirement de la base de données de recensement des producteurs de coton de l'Association Interprofessionnelle de Coton (AIC) du Bénin.

Les données suivantes ont été collectées : les paramètres sociaux de l'enquêté ; le patrimoine agricole de l'enquêté ; la main d'œuvre de l'exploitation ; l'appartenance ou non à une coopérative ; la difficulté rencontrée ou non pour alimenter ses animaux ; le statut de bénéficiaire ou non d'appui à l'adoption des technologies agroécologiques ; la moyenne annuelle des emblavures ; la part de coton dans les emblavures ; le coût de la main d'œuvre ; les revenus de l'exploitation ; la dépense du ménage de l'exploitant ; le cheptel animal de l'exploitation.

ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

Les variables originales ont été conservées pour utiliser la méthode d'analyse de données mixtes dédiée à l'exploration simultanée d'ensembles de données catégorielles et continues. En effet, l'ensemble des variables utilisées pour cette étude comprend des variables continues et catégorielles, et la procédure AFDM en est indiquée.

SELECTION DES VARIABLES ET STANDARDISATION

La sélection des variables a été faite sur la base d'une revue de littérature des travaux antérieurs et du cadre conceptuel de typologie des exploitations agricoles (Shukla *et al.*, 2021). Les variables liées aux caractéristiques du ménage, de l'orientation de la production, de la disponibilité des terres et l'utilisation de la machine agricole sont les principales variables retenues. Un total de dix (10) variables dont cinq (5) quantitatives et cinq (5) catégorielles a été sélectionné pour la construction de la typologie des exploitations agricoles enquêtées. Toutes les variables sélectionnées pour la classification ont été standardisées (Michielsens *et al.* 2002 ; Chatterjee *et al.* 2015). L'analyse exploratoire des données a été réalisée grâce aux histogrammes, et l'analyse de fréquence pour la détection d'une valeur aberrante, l'identification de la distribution des variables faiblement représentatives (Shukla *et al.*, 2021).

ANALYSE FACTORIELLE DES DONNEES

L'analyse factorielle a été utilisée pour réduire le nombre de variables originales à 10 comme l'ont fait Bosma et Joffre (2009). Deux critères sont utilisés pour juger si un facteur est significatif. Le premier consiste à examiner la

valeur propre. Si ce nombre est supérieur à un (1), alors, en théorie, le facteur correspondant possède intrinsèquement plus d'informations que ne le ferait une variable unique seule. Tous les facteurs ayant une valeur propre supérieure à un (1) étaient alors sujets à interprétation. Ensuite, le second critère est le pourcentage de la variation totale expliquée par le facteur, utile pour faire une détermination. Les corrélations des variables d'origine avec les scores des facteurs sont importantes, et sont considérées comme contribuant au facteur. Comme Teixeira *et al.* (2018), il est retenu les variables dont les scores de corrélation avec les facteurs sont supérieurs à 0,50.

CLASSIFICATION DES EXPLOITATIONS

La classification numérique hiérarchique a permis de déterminer le nombre de type d'exploitations à partir des critères et variables

retenus. Elle a permis de regrouper les observations et d'identifier les tendances dans les données. Pour mieux décrire les types, des informations supplémentaires étaient nécessaires pour utiliser celles fournies par les variables d'origine. Un arbre hiérarchique est généré en utilisant l'algorithme de classification hiérarchique de la méthode de Ward utilisée par Michielsens, (2002) & Mingoti et Félix, (2009).

DETERMINATION DU NOMBRE DE CLASSES OPTIMAL

La statistique pseudo-F a été utilisée pour sélectionner le nombre de type pour la classification proposée par Calinski et Harabasz (1974). Le nombre de clusters retenus est déterminé par la valeur d'indice de Calinski-Harabasz la plus élevée. L'expression formelle de l'indice de Calinski et Harabasz pour le nombre de clusters est la suivante :

$$CH = \left[\frac{\sum_{k=1}^K n_k \|c_k - c\|^2}{K-1} \right] / \left[\frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n_k} \|d_i - c_k\|^2}{N-K} \right]$$

où, d_i est le vecteur caractéristique du point de données i , n_k est la taille du $k^{\text{ième}}$ grappe, c_k est le vecteur caractéristique du centroïde du $k^{\text{ième}}$ grappe, c est le vecteur caractéristique du centroïde global de l'ensemble des données, et N est le nombre total de points de données. Une inspection subjective du dendrogramme a été également utilisée pour confirmer le nombre optimal de types. Les pics dans la statistique du pseudo F sont des indicateurs d'une plus grande séparation des clusters (Leland W, *et al.* 2011).

ANALYSE DE LA STABILITE DES CLASSES CONSTITUEES

L'indice de stabilité de Jaccard basé sur le bootstrap a été calculé pour l'évaluation de la stabilité de la typologie effectuée. Selon Yu *et al.* (2019), il permet de confirmer ou d'infirmer le choix du nombre optimal de types qui décrit le mieux les types d'exploitations agricoles observés dans la zone d'étude. Cet indice a

permis d'assurer que le résultat de la typologie représente la structure réelle des données et non un artefact de l'algorithme de classification. Ainsi, les types dont la valeur de stabilité de l'indice de Jaccard est $< 0,60$ sont considérés comme instables et l'analyse est reprise. Ils sont qualifiés de très stables si leurs valeurs de l'indice de Jaccard de stabilité sont au moins égales à 0,85. Deux niveaux de stabilité ont été réalisés, à savoir la stabilité des clusters et la stabilité globale. Cette démarche est conforme à celle de Zumel et Mount (2014).

RESULTATS

FACTEURS SELECTIONNES

Cinq facteurs avec des valeurs propres supérieures à un (1) ont été extraits. Le tableau 2 présente les résultats d'analyse factorielle des données mixtes.

Tableau 2 : Facteurs sélectionnés avec leurs valeurs propres respectives et pourcentage de variance expliquée.

Variables	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3	Facteur 4	Facteur 5
	Utilisation de la main d'œuvre	Utilisation de la traction animale	Disponibilité de la terre	Existence de problème de fertilité	Utilisation de la mécanisation
Nombre d'actifs agricole du ménage (personnes)	0.87	0.11	0.01	0.00	0.01
Effectif Main d'œuvre Salariée (personnes)	0.77	0.11	0.01	0.00	0.02
Effectif Main d'œuvre Entraide (personnes)	0.80	0.10	0.00	0.00	0.00
Nombre de bœuf de trait (tête)	0.28	0.52	0.03	0.02	0.01
Utilisation de la traction animale (1 = oui ; 0 = non)	0.18	0.67	0.01	0.03	0.00
Capital foncier (en hectare)	0.00	0.00	0.56	0.01	0.22
Part de la superficie en coton (%)	0.02	0.09	0.59	0.01	0.02
Existence de problème de fertilité de sol (1 = oui ; 0 = non)	0.05	0.47	0.16	0.49	0.24
Expérimentateur TAE (1 = oui ; 0 = non)	0.03	0.01	0.03	0.60	0.04
Mécanisation (1 = oui ; 0 = non)	0.08	0.01	0.11	0.17	0.44
Valeurs propres	3.06	2.09	1.51	1.33	1.00
Pourcentage de variance (%)	27.83	19.01	13.75	12.11	9.04
Pourcentage de variance cumulée (%)	27.83	46.85	60.61	72.72	81.76

Source : Enquête de terrain 2021.

De ce tableau, l'analyse factorielle des données révèle que les variables introduites dans le modèle expliquent 81,76 % des informations contributives. Le facteur 1 est composé de trois variables avec un score supérieur à 0,5 ($R > 0,5$). Ce facteur est corrélé avec l'effectif de la main d'œuvre masculine salariée (0,77), l'effectif de la main d'œuvre féminine salariée (0,80) et le nombre d'actifs agricoles (0,87). Le facteur 1 peut être dénommé « Utilisation de la main d'œuvre » et explique 27,83 % de la variance totale de l'ensemble des 10 variables. Le facteur 2 est associé à l'utilisation de la traction animale et du nombre de bœufs de traits disponibles avec des scores respectifs de 0,52 et 0,67. Il a été nommé « Utilisation de la traction animale ». Ce facteur explique 19,01 % de la variation totale. Le troisième facteur est associé au capital

foncier et la part de la superficie emblavée en coton. Le facteur 3 a été dénommé « Disponibilité de terre » et explique 13,75 % de la variance totale. Le facteur 4 qui explique 12,11 % de la variance totale est associé à « la perception des enquêtés du problème de fertilité de leur sol » et au statut d'Expérimentateur des Technologies Agroécologique. Le facteur 5 explique 9,04 % de la variance totale, et est associé à « l'Utilisation de la Mécanisation ».

La valeur la plus grande permet de retenir le nombre de type (k optimal) pour la suite des analyses. La valeur la plus élevée de l'indice est 117,14 et indique que le nombre de type d'exploitation à retenir est de cinq. Le tableau 3 présente les résultats de l'indice pseudo-F calculé de Calinski-Harabasz.

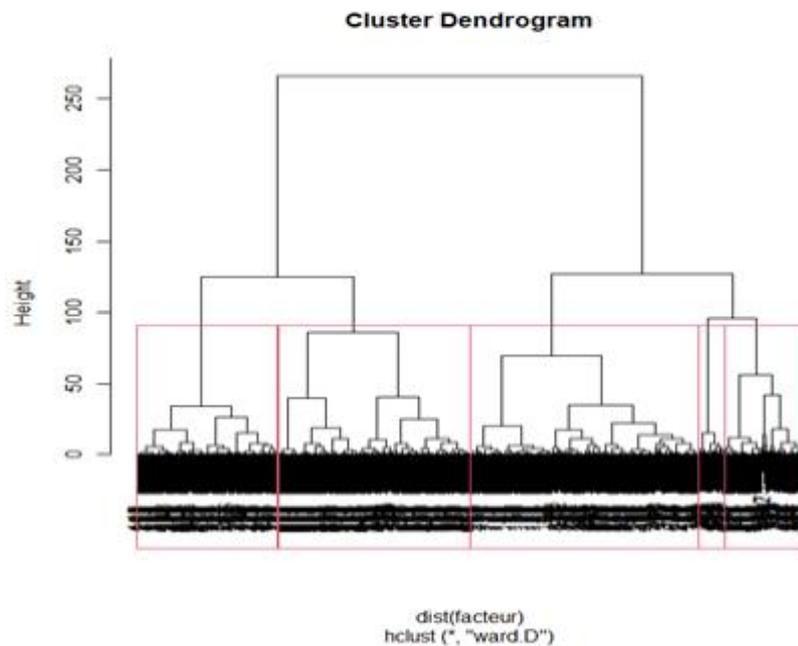
Tableau 3 : Nombre de types d'exploitations et valeur du Calinski-Harabasz pseudo-F.

Nombre de types (k)	CHIndex	Wss
3	111.96	3173.53
4	102.24	2848.02
5	117.14	2372.33
6	115.01	2135.99
7	108.23	1995.97

Source : Enquête de terrain 2021.

Le résultat de calculs d'indice de Calinski-Harabasz a permis de retenir 5 types. Ce résultat

est confirmé par le dendrogramme présenté à la figure 2.

**Figure 2** : Dendrogramme présentant les types d'exploitation.

Source : Enquête de terrain 2021.

En conclusion, les exploitations enquêtées peuvent être classées en 5 types statistiquement.

Le tableau 4 présente les résultats de l'approche non paramétrique d'analyse de stabilité bootstrap, basée sur l'indice de Jaccard.

Tableau 4 : Résultats des indicateurs de bootstrap.

Indicateurs	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
Effectifs par type	174	147	60	108	20
Proportion	34%	29%	12%	21%	4%
Stabilité des types	0.85	0.70	0.77	0.63	0.70
Stabilité globale de la typologie	0.80				

Note : Bootstrapping replication size = 1,000.

Source : Enquête de terrain 2021.

La stabilité globale de l'ensemble des données est de 0.80. Les valeurs de stabilité moyenne de tous les types sont supérieures à la valeur seuil requise de 0.60. En conclusion, les cinq types identifiés sont stables.

TYPES D'EXPLOITATIONS ET CARACTERISTIQUES

Les caractéristiques de chaque type sont décrites suivant les variables retenues. Les statistiques descriptives par variable pour chaque type sont récapitulées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Caractéristiques des exploitations agricoles.

Variables	Type 1 N = 174	Type 2 N = 147	Type 3 N = 60	Type 4 N = 108	Type 5 N = 20	Test	
Effectif Main d'œuvre Salariée (personne)	6.95 ± 2.74bc	4.84 ± 2.00c	14.83 ± 8.42a	8.26 ± 3.49b	5.70 ± 3.83c	1.49***	
Effectif Main d'œuvre Entraide (personne)	5.93 ± 2.65bc	4.24 ± 1.94c	13.27 ± 7.58a	7.23 ± 2.93b	5.75 ± 4.06bc	24.67***	
Nombre d'actifs agricole du ménage (personne)	12.88 ± 4.85bc	9.08 ± 3.45c	28.10 ± 5.12a	15.49 ± 5.63b	11.45 ± 7.48c	24.09***	
Capital foncier (en hectare)	14.28 ± 10.46b	14.01 ± 12.43b	14.18 ± 11.34b	19.38 ± 11.69a	9.65 ± 7.96b	4.46**	
Nombre de bœuf de trait (têtes)	3.00 ± 1.41a	0.00 ± 0.00c	1.92 ± 2.32b	0.00 ± 0.00c	3.30 ± 2.05a	77.69***	
Problème de fertilité de sols	Aucun (%)	1.15	15.65	3.33	99.07	65.00	436.54***
	Majeur (%)	48.28	57.82	95.00	0.93	35.00	
	Mineur (%)	50.57	26.53	1.67	0.00	0.00	
Utilisation de la traction animale	Non (%)	0.00	100.00	53.33	100.00	15.00	437.67***
	Oui (%)	100.00	0.00	46.67	0.00	85.00	
Mécanisation	Non (%)	99.43	100.00	93.33	100.00	0.00	407.77***
	Oui (%)	0.57	0.00	6.67	0.00	100.00	
Expérimentateur TAE	Non (%)	72.99	56.46	26.67	96.30	75.00	97.91***
	Oui (%)	27.01	43.54	73.33	3.70	25.00	

Les valeurs moyennes suivies de différentes lettres dans la même ligne sont significativement différentes ; Significativité *** 1% ; **5% ; *10%

Source : Enquête de terrain 2021

Ainsi, cinq types d'exploitations peuvent être identifiés de l'analyse de ce tableau.

Type 1 - Exploitations cotonnières des agro éleveurs (n = 34,18 %)

Les exploitations de ce type sont des exploitations où l'utilisation de la traction animale est assez prononcée. Elles sont des exploitations de taille moyenne et représentent 34 % de l'échantillon total. Il représente les exploitations avec une forte utilisation de la traction animale soit 100 % de ce type. Les exploitations de ce type se caractérisent par des problèmes mineurs de fertilité (50,57 %) et un capital foncier d'une moyenne de 14,28 hectares. L'utilisation de la main d'œuvre est relativement faible avec un effectif moyen d'actifs agricoles de 13 personnes. Les technologies agroécologiques sont très peu expérimentées dans les exploitations de ce type (27,01 %).

Type 2 - Exploitations cotonnières des petits producteurs (n = 28,88 %)

Les exploitations du type 2 sont des exploitations à faibles emblavures avec une faible intensité de la main d'œuvre. Elles représentent 29 % de l'échantillon. La majorité de ce type rencontre des problèmes majeurs de fertilité de sols, soit 57,82 %. Ce sont des exploitations qui n'utilisent ni la traction animale, ni la mécanisation. Ils se caractérisent par le type ayant la plus faible utilisation de la main d'œuvre familiales et salariée soit 4,84 hommes, 4,24 femmes et 9,08 membres actifs du ménage. Néanmoins, 43,53 % des exploitations de ce type sont des expérimentateurs TAE.

Type 3 - Exploitations cotonnières des producteurs moyens (n = 11,79 %)

Les exploitations du type 3 sont des exploitations moyennes appartenant à des agriculteurs stricts. Elles se caractérisent par une forte intensité d'utilisation de la main d'œuvre familiale et salariée soit 14,83 hommes, 13,27 femmes et 28,10 membres actifs du ménage. Le capital foncier du type 3 est de 14,18 hectares. Par ailleurs, 95 % des exploitations de ce type font face à des difficultés majeures

de fertilité des sols. Ce groupe est constitué d'exploitation qui utilisent partiellement la traction animale soit 46,67 % avec en moyenne 1,92 bœufs de traits en leur possession et 73,33 % des producteurs de ce type sont des expérimentateurs TAE.

Type 4 - Exploitations cotonnières des grands producteurs (n = 21,22 %)

Le type 4 est constitué des grandes exploitations qui ont une forte intensité d'utilisation de la main d'œuvre. Elles représentent 21 % des exploitations de l'échantillon total. Elles se caractérisent également par l'importance du capital foncier dont la superficie moyenne est de 19,38 hectares. Le nombre d'actifs agricoles moyen est de 19,38 personnes. Ces types d'exploitation n'ont pas un problème de fertilité prononcé (99,07 % des enquêtés n'en n'ont pas exprimé) et utilisent rarement la traction animale ou la mécanisation dans les opérations culturales.

Type 5 - Exploitations cotonnières mécanisées (n = 3,93 %)

Les exploitations du type 5 sont des exploitations disposant un grand nombre de matériels agricoles. Ces exploitations utilisent ce potentiel en matériels agricoles pour fournir de services à d'autres exploitations. Elles sont de petites tailles et représentent 3 % de l'échantillon. Ce type se caractérise par un faible capital foncier soit 9,65 hectares. Elles ne rencontrent dans leur majorité pas de problème de fertilité des sols (65 % des enquêtés). Les exploitations du type 5 utilisent pour la plupart la traction animale 85 %, et à 100 % utilisent la mécanisation pour les principales opérations de labour.

CROISEMENT DES PRATIQUES EN DIFFUSION AUX TYPES D'EXPLOITATION IDENTIFIÉS

En croisant les types d'exploitation obtenus après analyses aux caractéristiques des pratiques agroécologiques en diffusion, les pratiques qui ont une chance d'être adoptées se présentent comme l'indique le tableau 6 :

Tableau 6 : Potentiels d'adoption des technologies agroécologiques des exploitations agricoles.

Technologies AE	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
Production de Fourrage	x		x		
Association Légumineuse Non Alimentaire	x	x	x		
Association Légumineuse Alimentaire	x	x	x		
Assolement Rotation	x	x	x	x	x
Compost			x		
Fumier			x		
Haie vive	x		x		
Jachère Court	x		x		
Jachère Longue	x		x		
Parcage Rotatif	x	x	x		
Striptill	x		x		x
Zai	x		x		x
Anacardier/Culture	x	x	x		
Arbre dans paysage	x	x	x		

x : technologie validée comme pouvant être adoptée par un type d'exploitant donné en raison de ses caractéristiques.

Source : Enquête de terrain 2021

DISCUSSION

IMPORTANCE DE LA TYPOLOGIE D'EXPLOITATION REALISEE

L'approche de typologie adoptée dans cet article a permis de déterminer les types d'exploitation à partir d'une méthode factorielle mixte et le choix objectif du nombre de groupes d'exploitations à partir d'une méthode (bootstrap) de stabilité de classes (Yu al. 2019 ; Zumel and Mount, 2014 ; Hennig 2007). Cette approche basée sur l'indice de Calinski-Harabasz pseudo-F a permis de retenir cinq (5) types d'exploitation. Ce résultat diffère de celui obtenu par MAEP (2018) qui a utilisé moins de critères de discrimination des groupes et une analyse en composante principale (ACP) des données collectées. Les groupes constitués par MAEP (2018) sont moins stables que ceux obtenus dans la présente étude qui s'est basée sur l'analyse de stabilité des classes qui a confirmé que ces types sont suffisamment stables et valides. Mieux ce résultat est conforme à celui de Kindomihou *et al.* (2008) qui après une étude sur la caractérisation et diversité des exploitations agricoles en zone soudanienne du Nord-Bénin, a identifié cinq groupes d'exploitations dans la commune de Kandi, en se basant sur la même méthode que celle utilisée dans le cadre de la présente étude. Mais

la différence de nombre de groupes peut aussi se justifier par l'effet des interventions relatives à la transition agroécologique qui peut avoir fait évoluer les exploitations enquêtées. Par exemple, au Brésil dans les zones de transition agro écologique, six types d'exploitations ont pu se dégager (Texeira *et al.* 2018). La comparaison de ces résultats montre que la différence procédure d'analyse des typologies selon les auteurs qui a conduit à de résultats différents ne permet pas de tirer une conclusion par rapport au nombre de groupes, mais certaines procédures sont plus fiables en termes de stabilité des groupes identifiés que d'autres.

POTENTIEL D'ADOPTION DES PRATIQUES EN DIFFUSION SELON LES TYPES D'EXPLOITATIONS

Les exploitations cotonnières des agro éleveurs (type 1) sont susceptibles d'adopter prioritairement toutes les technologies en diffusion sauf le compostage et la production fumière ; les exploitations cotonnières des petits producteurs (type 2) peuvent adopter prioritairement les associations de cultures, l'assolement/rotation, le parcage rotatif et quelques pratiques d'agroforesterie. Les exploitations cotonnières des producteurs moyens (type 3) peuvent adopter toutes les sortes de technologies agroécologiques en diffusion ; les exploitations cotonnières des

grands producteurs ne sont pas très accessibles aux pratiques agroécologiques car seule l'assolement/rotation peut avoir une chance d'adoption à leur niveau. Quant au cinquième groupe d'exploitations, les exploitations cotonnières mécanisées, elles n'offrent pas aussi trop de chance d'adoption de ces pratiques (seules le striptill, le zaï et l'assolement/rotation) ont les meilleures chances d'y être adoptées.

CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons construit une typologie des exploitations en zone de transition agroécologique à partir de l'Analyse Factorielle des Données Mixtes. L'indice de Calinski et Harabasz combinée à une approche bootstrapping non paramétrique a permis de retenir le nombre de type optimal de cette base de données. Les résultats de l'étude ont permis d'identifier cinq types. La typologie réalisée a permis de montrer les grands regroupements possibles des exploitations cotonnières dans la zone d'étude. Ces types sont caractérisés par la main d'œuvre (nombre d'actif agricole), l'utilisation de la traction animale, la disponibilité de la terre (superficie de l'exploitation), les problèmes de fertilité, et l'utilisation de la mécanisation. La diversité rencontrée dans le système agricole et les limites posées par les méthodes de typologie sont des éléments qui permettent de définir les types d'exploitations agricoles. En outre, les types d'exploitations agricoles identifiés sont répartis au sein des zones de production cotonnière. Au regard des contraintes d'adoption des technologies agroécologiques en diffusion, les types d'exploitations agricoles étudiés ont besoin des appuis et des interventions spécifiques à leurs caractéristiques afin d'obtenir des résultats probants de la mise œuvre de ces technologies.

REFERENCES

- Agossou G. 2016. Typologie des exploitations agricoles de la basse vallée de l'Ouémé, République du Bénin.
- Allagbé C, Adegbola, P, Adjovi N A, Komlan-Ahihou C, Crinot G. 2014. Evaluation socio-économique des systèmes de cultures à base de cotonculture au Bénin. Rapport technique d'exécution. Article de revue. 45p.
- Altieri M A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. In *Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes* (pp. 19-31). Elsevier.
- Azonkpin S, Chougourou D C, Agbangba E C, Santos C C J, Soumanou M M, & Vodouhe S D. 2018. Typologie des systèmes de culture de coton biologique au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(4), 1688-1704.
- Bélières J-F. 2017. Programme WAW Madagascar : Elaboration de typologies d'exploitations agricoles au niveau infranational au Madagascar. Protocole FAO/CIRAD, 2017
- Berton S, Billaz R, Burger P, Lebreton A. 2013. Agroécologie, une transition vers des modes de vie et de développement viables - Paroles d'acteurs. Groupe de Travail Désertification (GTD), Janvier 2013.
- Bosma R H, Joffre O. 2009. Typology of shrimp farming in Bac Lieu Province, Mekong Delta, using multivariate statistics. *Agr. Ecosyst. Environ*, 132(1), 153-159. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.03.010>
- Chatterjee S. 2015. Matrix estimation by universal singular value thresholding. *The Annals of Statistics*, 43(1), 177-214.
- Claveirole C. 2016. La transition agroécologique : défis et enjeux. *Journal Officiel De La République Française*. 2016-13 NOR : CESL1100013X Vendredi 2 décembre 2016.
- Hennig C. 2007. Cluster-wise assessment of cluster stability. *Comput Stat Data Anal* 52(1):258-271
- IAASTD. 2009. International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development: global report. B. D. McIntyre, H. R. Herren, J. Wakhungu, and R. T. Watson, editors. Island Press, Washington, D.C., USA. [online] URL: http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/Investment/Agriculture_at_a_Crossroads_Global_Report_IAASTD.pdf
- Jamin J-Y, Havard M, Mbetid-Bessane E, Djamen Nana P, Djonnewa A, Djondang K, Leroy J. 2007. Modélisation de la diversité des exploitations ", in Gafsi M, Dugue P, Jamin J-Y, Brossier J. Wageningen, Ed. Qae, 473 p.
- Kindomihou V, Abouta Karimou J-P, Nelen J, Kawa R, Guero Y, Banoïn M, Sinsin B. 2008. Typologie, Caractérisation et diversité des exploitations agricoles en zone soudanienne du Nord-Bénin. *Colloques de l'Université d'Abomey Calavi*.
- Kremen C, Miles A. 2012. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities,

- and trade-offs. *Ecology and society*, 17(4).
- Kuivanen K S, Alvarez S, Michalscheck M, Adjei-Nsiah S, Descheemaeker K. 2016. Characterising the diversity of smallholder farming systems and their constraints and opportunities for innovation: A case study from the Northern Region, Ghana. *NJAS-Wagen. J. Life Sci.* 2016, 78, 153-166.
- Leland W, Laszlo E, James C, Mark C. 2011. Cluster analysis. Chapter 4.
- Levidow L, Pimbert M, Vanloqueren G. 2014. Agroecological research: conforming-or transforming the dominant agro-food regime? *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 38, 1127-1155. doi: 10.1080/21683565.2014.951459
- MAEP. 2019. Diagnostic agropastoral consolidé dans la zone cotonnière du Bénin, 94 p.
- MAEP. 2019. Rapport d'étude de faisabilité de la mise à échelle de la transition agroécologique en zones cotonnières du Bénin, 135 p.
- MAEP. 2020. Rapport annuel de campagne, 121 p.
- Michielsens C, Lorenzen K, Phillips M, Gauthier R. 2002. Asian carp farming systems: Towards a typology and increased resource use efficiency. *Aquac. Res.*, 33(6), 403-413. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00686.x>
- Mingoti S, Felix N. 2009. Implementing bootstrap in Ward's algorithm to estimate the number of clusters. 4(2), 89-107. <https://doi.org/10.7177/sg.2009.V4N2A1>
- Pages J. 2015. *Multiple Factor Analysis by Example Using R*. Chapman & Hall/CRC the R series. CRC Press, 2015. 272p
- Prazan J, Aalders I. 2019. Typology of AEFS and Practices in the EU and the Selection of Case Studies. REPORT D2.2. Unesco. 57p.
- Shukla R, Ankit A, Christoph G, Kamna S, Joshi P K. 2021. Farmer typology to understand differentiated climate change adaptation in Himalaya. *Scientific Reports | (2019) 9 : 20375*
- Sossou C H, Lebailly P, Hinnou C L. 2021. Typologie des exploitations agricoles : caractérisation et accès aux services agricoles au Bénin (Afrique de l'Ouest) ; *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15(3): 1191-1207, June 2021. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)
- Teixeira H M, Vermue A J, Cardoso I M, Peña Claros M, Bianchi F J A. 2018. Farmers show complex and contrasting perceptions on ecosystem services and their management. *Ecosyst. Serv.* 2018, 33, 44-58.
- Yu H, Chapman B, Di Florio A, Eischen E, Gotz D, Jacob M, Blair R H. 2019. Bootstrapping estimates of stability for clusters, observations and model selection. *Computational Statistics*, 34(1), 349-372.
- Zumel N, Mount J. 2014. *Practical Data Science with R (Second Edition)* Manning).