



CARTOGRAPHIE DES STRATÉGIES D'ADAPTATION AGRICOLE DES MÉNAGES RURAUX FACE AUX VULNÉRABILITÉS : PROFILS, CAPACITÉS ET DÉTERMINANTS TERRITORIAUX CAS DU COMMUNE RURALE D'AMBANITSENA

¹ Rahajamanana Jasmin, ² Fidihiery Toky Tantely,

³ RAKOTOMALALA Hajanirina Yves Pascal, ⁴ ANDRIAMASY Andry Malala

1- Ecole Doctorale Ingénierie et Géosciences Université d'Antananarivo

2- Ecole Doctorale Ingénierie et Géosciences Université d'Antananarivo

3- Ecole Doctorale en GRND Université d'Antananarivo

4- Ecole Doctorale Ingénierie et Géosciences Université d'Antananarivo

RESUME : Cette étude analyse les stratégies d'adaptation agricole des ménages ruraux face aux vulnérabilités, en mettant l'accent sur les profils de ménages, leurs capacités et les déterminants territoriaux. L'analyse porte sur 293 ménages et mobilise un score d'adaptation agricole normalisé de 0 à 100. Les résultats montrent une forte hétérogénéité, avec une moyenne de 35,52, une médiane de 30,77 et un écart-type de 29,59. La différenciation selon la Classe AFD est marquée : la Classe 1 présente un score moyen de 63,69, contre 12,42 pour la Classe 2, avec une différence significative au test de Mann-Whitney ($p = 0,0000$). L'analyse territoriale révèle des scores élevés à Ankadivao (70,0), Ambatokely (66,7) et Tsaradidy (57,0), contre 16,8 à Ambanitsena. Le modèle logit identifie Tsaradidy comme facteur positif majeur (0,95), tandis que la Classe AFD 2 exerce un effet négatif fort (-3,03). Les profils combinant capacités élevées, ressources animales et outillage apparaissent les plus favorables à l'adaptation agricole.

Mots clés : adaptation agricole ; vulnérabilités ; ménages ruraux ; capacités ; profils territoriaux.

ABSTRACT: This study analyzes the agricultural adaptation strategies of rural households facing vulnerabilities, with a focus on household profiles, their capacities, and territorial determinants. The analysis covers 293 households and employs a normalized agricultural adaptation score ranging from 0 to 100. The results reveal strong heterogeneity, with a mean of 35.52, a median of 30.77, and a standard deviation of 29.59. Differentiation by AFD Class is pronounced: Class 1 shows an average score of 63.69, compared with 12.42 for Class 2, with a significant difference according to the Mann-Whitney test ($p = 0.0000$). Territorial analysis indicates high scores in Tsaradidy (70.0), Ambatokely (66.7), and Ankadivao (57.0), compared with 16.8 in Ambanitsena. The logit model identifies Tsaradidy as a major positive factor (0.95), whereas AFD Class 2 exerts a strong negative effect (-3.03). Profiles combining high capacities, livestock resources, and agricultural equipment appear to be the most favorable for agricultural adaptation.

Keywords: agricultural adaptation; vulnerabilities; rural households; capacities; territorial profiles.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.21722744>

1 Introduction

Les ménages ruraux sont confrontés à des vulnérabilités multiples liées aux aléas climatiques, aux contraintes économiques, à l'accès différencié aux ressources productives et aux incertitudes institutionnelles. Dans ce contexte, l'adaptation agricole constitue une réponse stratégique permettant aux exploitations de maintenir leur production, de réduire les risques et de renforcer leurs moyens d'existence. Les approches des moyens d'existence durables soulignent que les ménages construisent leurs stratégies à partir de ressources naturelles, économiques, humaines et sociales, combinées selon les contextes locaux et les opportunités disponibles [1], [2].

La diversification des activités et des ressources est ainsi considérée comme un mécanisme important de sécurisation des ménages ruraux face aux chocs et aux vulnérabilités [3], [4]. Dans les systèmes agricoles ruraux, l'adaptation ne dépend pas uniquement de la perception des risques, mais aussi des capacités concrètes des ménages, de leurs ressources productives, de leur équipement, de leur appartenance territoriale et de leurs profils d'exploitation. Les travaux sur la résilience montrent que la capacité à absorber les perturbations et à maintenir les fonctions essentielles d'un système repose sur la combinaison des ressources, des pratiques et des mécanismes d'ajustement [5]. De même, les analyses récentes sur les systèmes agroalimentaires insistent sur la nécessité de renforcer la résilience des ménages et des systèmes de production face aux chocs et aux stress économiques ou environnementaux [6]. Dans cette perspective, la présente étude s'appuie sur l'hypothèse suivante : les ménages qui perçoivent mieux les risques ou disposent de meilleures capacités adaptent plus efficacement leurs pratiques agricoles. Elle cherche à répondre à la question suivante : quels sont les facteurs qui influencent les choix d'adaptation des ménages face aux vulnérabilités ? L'objectif spécifique est d'identifier les déterminants des stratégies adoptées par les ménages pour atténuer ou contourner les vulnérabilités.

Les résultats attendus visent à produire une cartographie des stratégies d'adaptation agricole selon les profils de ménages, leurs capacités et leurs déterminants territoriaux. L'analyse mobilise ainsi des indicateurs d'adaptation agricole, des variables de capacité, des profils typologiques, des classes AFD, des quartiers et des ressources disponibles afin de caractériser les facteurs associés à une adaptation agricole élevée. Cette approche permet de relier les pratiques observées aux déterminants structurels et territoriaux de l'adaptation, tout en contribuant à une meilleure compréhension des mécanismes de résilience des ménages ruraux face aux vulnérabilités. Elle s'inscrit dans les débats actuels sur l'adaptation, la diversification et la résilience des systèmes agricoles dans les territoires ruraux exposés aux risques [7].

2 Matériels et méthodes

2.1 Matériels

L'étude a été réalisée à partir d'un formulaire d'enquête structuré administré auprès des ménages ruraux. Ce formulaire a permis de collecter des informations sur les pratiques agricoles, les ressources productives, l'élevage, les équipements, les activités complémentaires, les profils de ménages et les stratégies d'adaptation face aux vulnérabilités. L'unité statistique retenue est le ménage rural, assimilé à une exploitation agricole. Les données brutes issues de l'enquête ont été organisées dans un fichier Excel, puis importées dans un environnement de traitement statistique sous Python. Le travail a été réalisé avec Jupyter Notebook, choisi pour sa capacité à associer dans un même document le code, les tableaux, les graphiques et les commentaires méthodologiques, ce qui renforce la transparence et la reproductibilité des traitements [8]. L'environnement Anaconda a été utilisé pour gérer les bibliothèques Python, les environnements de calcul et les dépendances nécessaires à l'analyse statistique [9]. L'analyse a mobilisé plusieurs bibliothèques Python. pandas a servi à importer les fichiers Excel, structurer les tableaux, manipuler les variables et produire les statistiques descriptives [10]. NumPy a été utilisé pour les calculs numériques, les opérations matricielles et la construction des scores normalisés [11]. SciPy a permis de réaliser les tests statistiques, notamment les tests de Mann-Whitney, les corrélations et les tests d'association [12]. Matplotlib a été utilisé pour produire les graphiques scientifiques, tels que les histogrammes, boxplots, heatmaps, volcano plots et projections factorielles [13]. scikit-learn a été mobilisé pour la standardisation, la classification, l'ACP, le clustering et les modèles exploratoires de type logit [14]. Les méthodes factorielles et typologiques ont été interprétées en référence aux principes de l'analyse des données multidimensionnelles [15]. La population étudiée correspond aux ménages ruraux de la zone d'étude. L'échantillon analysé comprend 293 ménages, répartis selon les quartiers et les classes AFD disponibles dans la base. Les variables exploitées sont principalement des

variables binaires de type présence/absence, auxquelles ont été ajoutés des indicateurs synthétiques de capacité, d'adaptation agricole, d'adaptation globale, de profils typologiques et de déterminants territoriaux.

2.2 Méthodes

La collecte des données a été réalisée par enquête directe auprès des ménages ruraux à l'aide du formulaire structuré. Les réponses ont ensuite été saisies dans Excel, puis contrôlées avant leur importation dans Python. La phase de prétraitement a consisté à vérifier les noms de colonnes, harmoniser les modalités, identifier les variables binaires, corriger les erreurs de saisie, traiter les valeurs manquantes et séparer les variables d'identification, comme le quartier et la classe AFD, des variables analytiques. Les variables binaires ont été recodées sous forme numérique afin de construire des indicateurs synthétiques. Le score d'adaptation agricole a été calculé à partir des pratiques agricoles déclarées, puis normalisé sur une échelle de 0 à 100. Des scores complémentaires ont également été construits pour représenter la capacité des ménages, l'adaptation globale et les profils de ressources. Cette normalisation permet de comparer les ménages malgré la diversité des variables mobilisées. Les traitements descriptifs ont d'abord porté sur les effectifs, les pourcentages, les moyennes, les médianes, les écarts-types, les minima et les maxima. Ces statistiques ont permis de caractériser la distribution du score d'adaptation agricole, la structure de l'échantillon et les différences entre quartiers ou classes AFD. Les comparaisons entre groupes ont été réalisées à l'aide du test de Mann-Whitney lorsque deux groupes étaient comparés, notamment pour tester la différence d'adaptation agricole entre les classes AFD. Les associations entre variables catégorielles ont été examinées par le khi-deux et le V de Cramer, tandis que les relations entre variables numériques ou ordinales ont été étudiées par corrélation de Spearman. La distribution du score d'adaptation agricole a permis d'évaluer le niveau général d'adaptation. Les boxplots par classe AFD ont permis d'identifier les différences entre profils de ménages. La cartographie par quartier a servi à analyser les déterminants territoriaux. Les heatmaps ont permis de croiser les clusters, les niveaux de capacité et les scores d'adaptation. Les matrices de cooccurrence ont identifié les ressources et pratiques fréquemment associées. Enfin, le volcano plot a mis en évidence les variables binaires les plus discriminantes de l'adaptation agricole élevée. Les analyses typologiques ont été réalisées à partir des variables binaires et des scores construits. L'ACP et les classifications ont permis d'identifier des profils d'exploitation et de visualiser la dispersion des ménages selon les quartiers et les types d'exploitation. Le clustering a servi à regrouper les ménages selon leurs pratiques, ressources et capacités. Un modèle logit exploratoire a été utilisé pour identifier les facteurs associés à une adaptation agricole élevée, en intégrant notamment les quartiers, la classe AFD et le score de capacité. Cette combinaison de méthodes permet de produire une cartographie des stratégies d'adaptation selon les profils de ménages, leurs capacités et leurs déterminants territoriaux. Le choix de Python se justifie par sa capacité à assurer une chaîne complète et reproductible d'analyse : importation des données, nettoyage, transformation, construction d'indicateurs, tests statistiques, classification, modélisation et visualisation. Par rapport aux logiciels statistiques classiques, Python permet de conserver toutes les étapes dans un script unique, vérifiable et réutilisable, ce qui améliore la transparence méthodologique et facilite la reproduction des résultats.

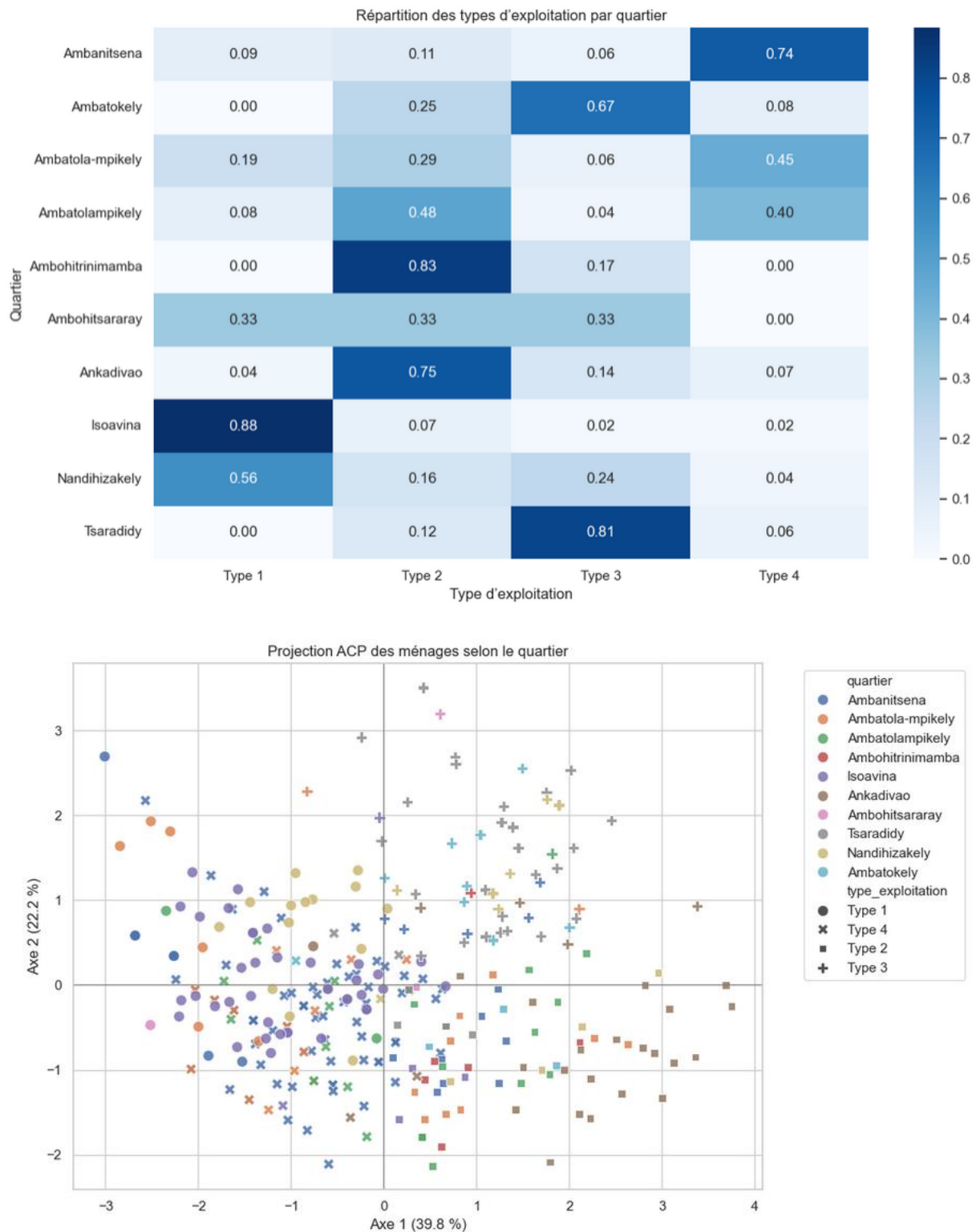
3 Résultats et discussions

3.1 Résultats

3.1.1 Typologie territoriale des systèmes d'exploitation et projection factorielle des ménages selon les quartiers

La figure ci-dessous combine deux lectures complémentaires des profils d'exploitation. La première figure présente la répartition des types d'exploitation par quartier, tandis que la seconde projette les ménages dans un plan ACP selon leur quartier et leur type d'exploitation. Ensemble, elles permettent d'identifier les logiques territoriales dominantes et la dispersion des ménages selon leurs pratiques, leurs ressources et leurs profils productifs.

Figure 1: Typologie territoriale des systèmes d'exploitation et projection factorielle des ménages selon les quartiers



Interprétation

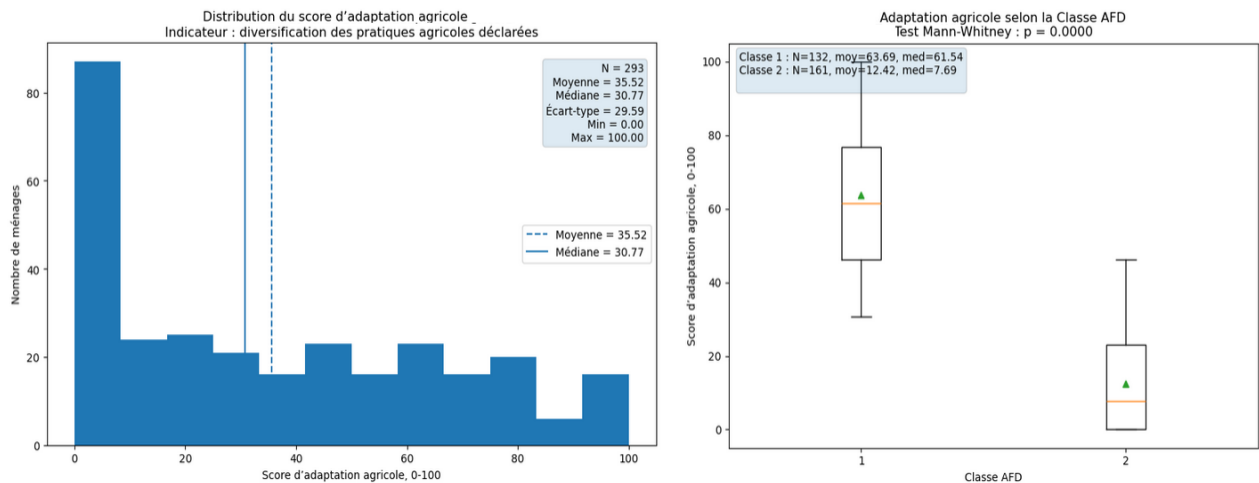
La première figure montre que les types d'exploitation sont fortement différenciés selon les quartiers. À Isoavina, le Type 1 domine très nettement avec 88 % des ménages, ce qui indique un profil relativement homogène. À

Ambanitsena, le Type 4 est majoritaire avec 74 %, tandis qu'à Tsaradidy, le Type 3 représente 81 % des ménages. Ambohitrinimamba se distingue par une forte concentration du Type 2, avec 83 %, et Ankadivao présente également une forte présence du Type 2, avec 75 %. Ces résultats indiquent que certains quartiers sont structurés par un type d'exploitation dominant. La même figure montre aussi des quartiers plus hétérogènes. Ambatolampikely présente une répartition plus équilibrée entre le Type 2 avec 48 % et le Type 4 avec 40 %. Ambohitsararay affiche une distribution équivalente entre les Types 1, 2 et 3, chacun représentant 33 %, même si son faible effectif impose une interprétation prudente. Ambatokely est dominé par le Type 3 avec 67 %, mais présente aussi 25 % de Type 2. Cette diversité traduit des combinaisons variables de pratiques et de ressources selon les territoires. La seconde figure confirme cette différenciation dans l'espace factoriel. L'axe 1 explique 39,8 % de l'information et l'axe 2 22,2 %, soit 62,0 % au total, ce qui offre une bonne synthèse de la structure des profils. Les ménages ne sont pas répartis de manière aléatoire : certains groupes se concentrent autour de zones particulières du plan, tandis que d'autres sont plus dispersés. La forme des points indique les types d'exploitation, et les couleurs distinguent les quartiers, ce qui permet de visualiser simultanément la typologie et l'ancrage territorial. Dans l'ensemble, ces deux figures montrent que les systèmes d'exploitation sont à la fois typologiquement et territorialement différenciés. Certains quartiers sont dominés par un type spécifique, comme Isoavina pour le Type 1, Ambohitrinimamba et Ankadivao pour le Type 2, Tsaradidy et Ambatokely pour le Type 3, ou Ambanitsena pour le Type 4. Cette structuration confirme que les profils d'exploitation ne dépendent pas seulement des caractéristiques individuelles des ménages, mais aussi de leur quartier d'appartenance. Elle soutient ainsi l'idée que les stratégies agricoles et les capacités d'adaptation sont fortement liées aux contextes territoriaux locaux.

3.1.2 Distribution du score d'adaptation agricole et différenciation selon la Classe AFD des ménages ruraux

La figure ci-dessous présente deux résultats complémentaires permettant d'apprécier les stratégies d'adaptation agricole des ménages ruraux. La première figure décrit la distribution du score d'adaptation agricole sur une échelle de 0 à 100, tandis que la seconde compare ce score selon les deux classes AFD. Ces deux représentations permettent d'analyser à la fois le niveau général d'adaptation agricole dans l'échantillon et les différences entre profils de ménages.

Figure 2: Distribution du score d'adaptation agricole et différenciation selon la Classe AFD des ménages ruraux



Source : Auteur 2026

Interprétation

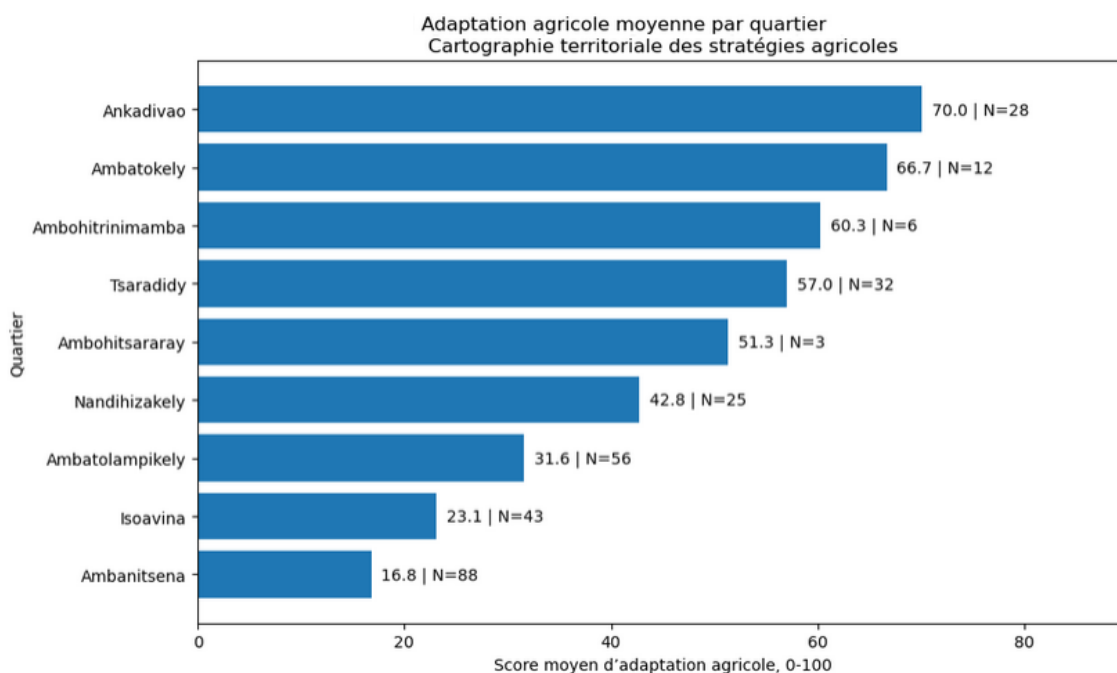
La première figure montre que le score d'adaptation agricole est très hétérogène parmi les 293 ménages enquêtés. La moyenne est de 35,52, tandis que la médiane est de 30,77, avec un écart-type de 29,59. Les valeurs varient de 0,00 à 100,00, ce qui indique l'existence de ménages très faiblement adaptés, mais aussi de ménages ayant fortement diversifié leurs pratiques agricoles. La forte concentration des ménages dans les faibles scores, notamment autour de 0 à 10, montre qu'une partie importante de l'échantillon dispose encore d'un niveau limité d'adaptation agricole. À l'inverse, les scores élevés, proches de 80 à 100, concernent un nombre plus réduit de ménages, traduisant des capacités d'adaptation plus consolidées. La seconde figure met en évidence une différence très nette entre les deux classes AFD. Les ménages de la Classe 1 présentent un score moyen d'adaptation agricole

de 63,69 et une médiane de 61,54, pour un effectif de 132 ménages. À l'inverse, les ménages de la Classe 2 affichent un score moyen beaucoup plus faible, soit 12,42, avec une médiane de 7,69, pour 161 ménages. Le test de Mann-Whitney indique une différence statistiquement significative entre les deux groupes, avec une p-value de 0,0000. Ces résultats montrent que l'adaptation agricole n'est pas distribuée de manière homogène entre les ménages. Les ménages de la Classe 1 apparaissent nettement plus engagés dans des pratiques agricoles diversifiées ou adaptées, tandis que ceux de la Classe 2 présentent des niveaux d'adaptation beaucoup plus faibles.

3.1.3 Cartographie territoriale du score moyen d'adaptation agricole par quartier

La figure suivante présente la cartographie territoriale du score moyen d'adaptation agricole par quartier. Elle montre que les stratégies agricoles ne sont pas réparties de manière homogène entre les territoires enquêtés. Les scores les plus élevés sont observés à Ankadivao avec 70,0 pour 28 ménages, à Ambatokely avec 66,7 pour 12 ménages, à Ambohitrinimamba avec 60,3 pour 6 ménages et à Tsaradidy avec 57,0 pour 32 ménages. Ces quartiers apparaissent comme les plus engagés dans des pratiques agricoles diversifiées ou adaptées.

Figure 3: Cartographie territoriale du score moyen d'adaptation agricole par quartier



Source : Auteur 2026

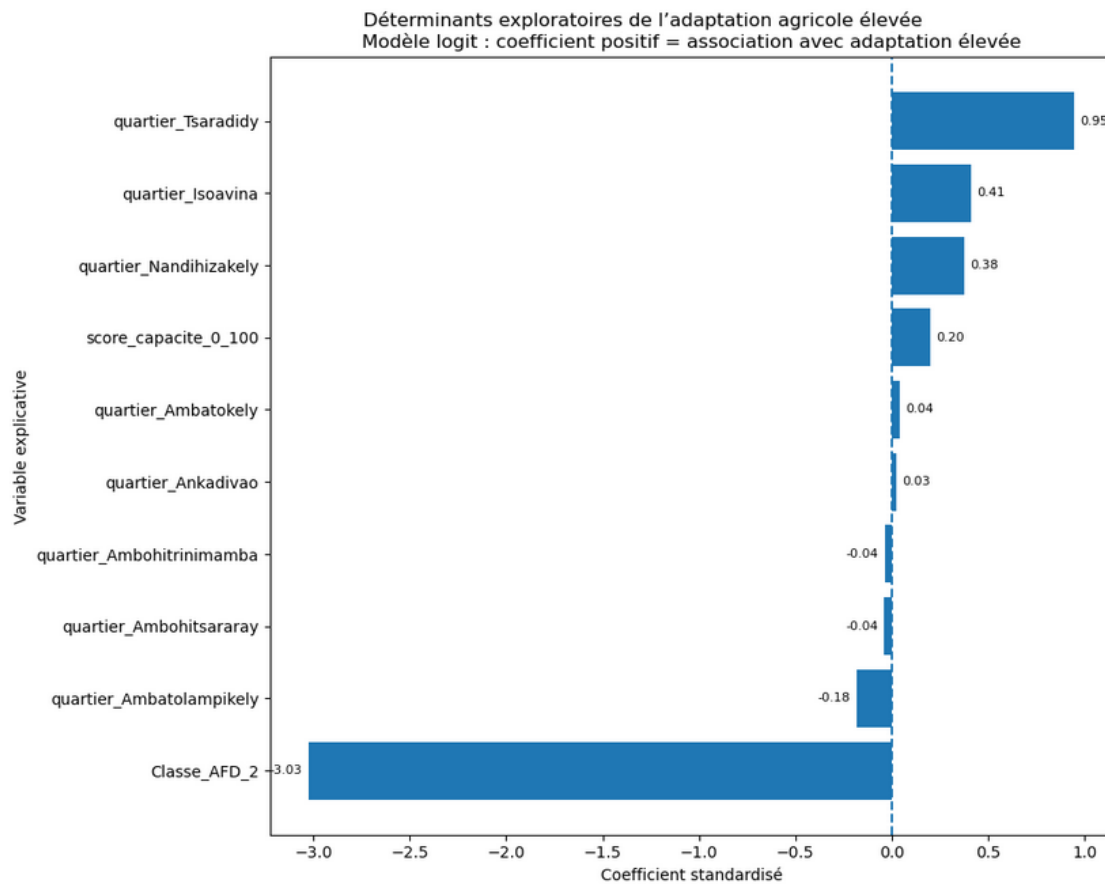
Interprétation

D'après cette figure, on voit une forte différenciation territoriale des stratégies agricoles. Les quartiers d'Ankadivao, Ambatokely, Ambohitrinimamba et Tsaradidy présentent les niveaux d'adaptation les plus élevés, tandis qu'Ambanitsena et Isoavina apparaissent comme les moins avancés. Ces résultats suggèrent que les capacités d'adaptation agricole varient fortement selon les contextes locaux et les profils de ménages. Les scores les plus faibles sont enregistrés à Ambanitsena, avec 16,8 pour 88 ménages, à Isoavina, avec 23,1 pour 43 ménages, et à Ambatolampikely, avec 31,6 pour 56 ménages. Ces valeurs traduisent une moindre intensité des stratégies d'adaptation agricole dans ces quartiers. Nandihizakely, avec 42,8 pour 25 ménages, et Ambohitsararay, avec 51,3 pour 3 ménages, occupent des positions intermédiaires.

3.1.4 Déterminants exploratoires de l'adaptation agricole élevée des ménages ruraux

La figure ci-après illustre les résultats d'un modèle logit exploratoire visant à identifier les facteurs associés à une adaptation agricole élevée. Les coefficients standardisés permettent de comparer l'effet relatif des variables explicatives. Un coefficient positif indique une association avec une probabilité plus élevée d'adaptation agricole élevée, tandis qu'un coefficient négatif traduit une association défavorable. Les variables prises en compte incluent les quartiers, la classe AFD et le score de capacité des ménages.

Figure 4: Déterminants exploratoires de l'adaptation agricole élevée des ménages ruraux



Source : Auteur 2026

Interprétation

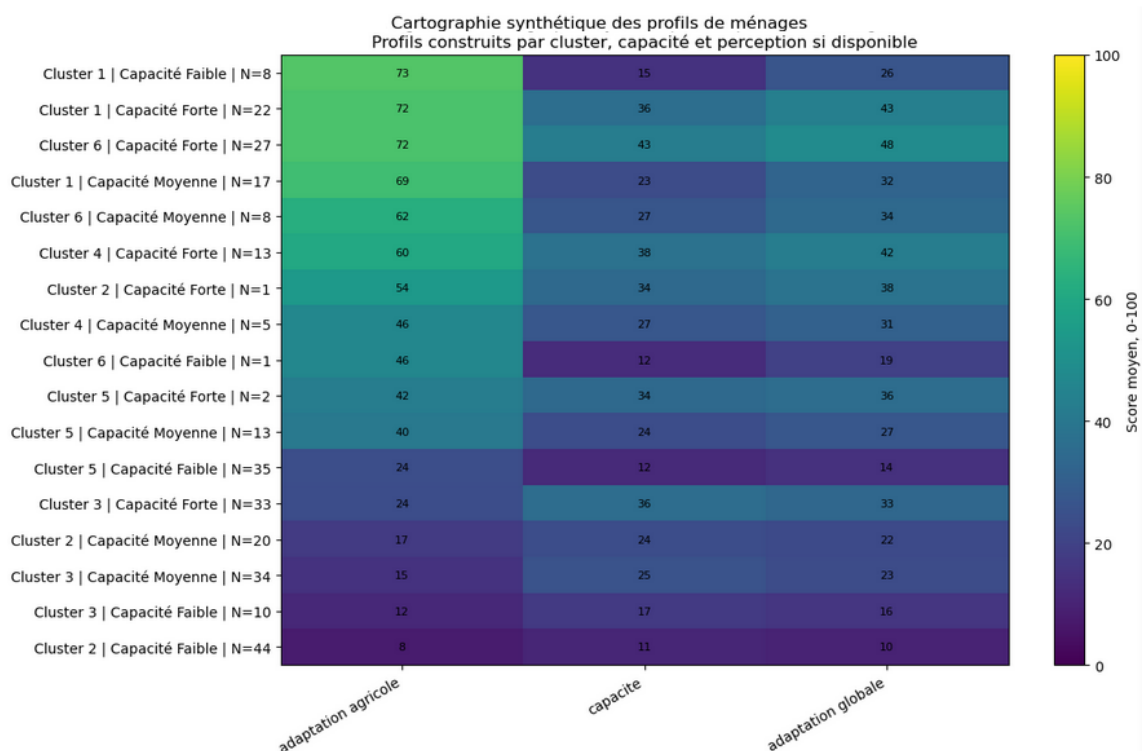
Les résultats montrent que le facteur le plus fortement associé positivement à l'adaptation agricole élevée est le quartier de Tsaradidy, avec un coefficient standardisé de 0,95. Cela suggère que l'appartenance à ce quartier augmente fortement la probabilité d'observer un niveau élevé d'adaptation agricole. Les quartiers d'Isoavina et de Nandihizakely présentent également des effets positifs, avec des coefficients respectifs de 0,41 et 0,38. Ces valeurs indiquent que ces territoires sont aussi liés à des profils d'adaptation plus favorables, bien que leur effet soit moins marqué que celui de Tsaradidy. Le score de capacité présente un coefficient positif de 0,20, ce qui montre que les ménages disposant de meilleures capacités internes, en termes de ressources ou de conditions d'exploitation, tendent davantage à adopter des pratiques agricoles adaptées. Les quartiers d'Ambatokely et d'Ankadivao affichent des coefficients faiblement positifs, respectivement 0,04 et 0,03, indiquant une association limitée avec l'adaptation agricole élevée dans ce modèle. À l'inverse, la Classe AFD 2 présente le coefficient négatif le plus important, avec une valeur de -3,03. Ce résultat indique que l'appartenance à cette classe est fortement associée à une probabilité plus faible d'adaptation agricole élevée. Les quartiers d'Ambatolampikely, d'Ambohitrimamba et d'Ambohitararay présentent également des coefficients négatifs, respectivement -0,18, -0,04 et -0,04, mais avec des effets beaucoup moins marqués. Cette figure montre que l'adaptation agricole élevée dépend à la fois de facteurs territoriaux, de la classe d'exploitation et des capacités des ménages. Le résultat le plus structurant est l'effet très défavorable de la Classe AFD 2, tandis que Tsaradidy, Isoavina et Nandihizakely apparaissent comme des territoires plus favorables à l'adaptation agricole.

3.1.5 Cartographie synthétique des profils d'adaptation agricole selon les clusters et les niveaux de capacité des ménages

La figure ci-dessous présente une cartographie synthétique des profils de ménages construits à partir du croisement entre les clusters typologiques et les niveaux de capacité. Elle compare trois indicateurs normalisés sur une échelle de 0 à 100 : l'adaptation agricole, la capacité des ménages et l'adaptation globale. Cette représentation permet

d'identifier les profils les plus favorables à l'adaptation agricole, ainsi que les groupes les plus fragiles ou les moins dotés en capacités.

Figure 5: Cartographie synthétique des profils d'adaptation agricole selon les clusters et les niveaux de capacité des ménages



Source : Auteur 2026

Interprétation

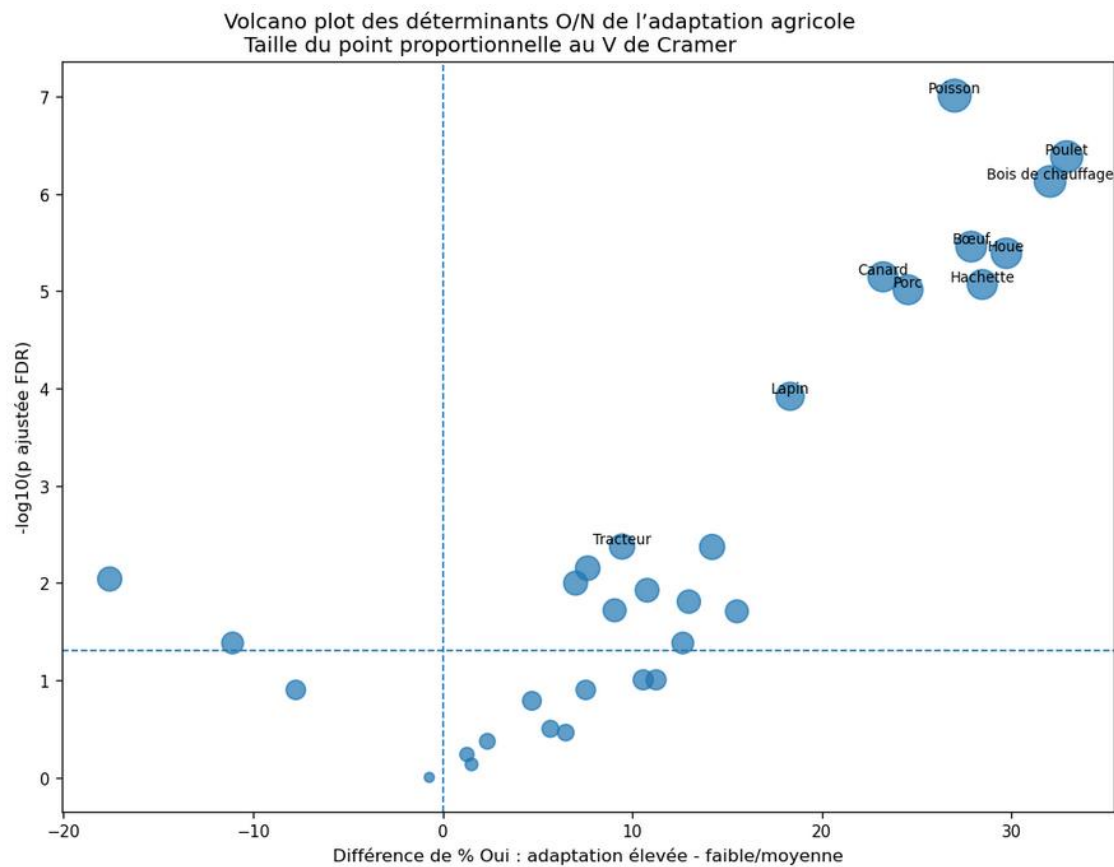
Les profils les plus performants sont dominés par les clusters associés à une capacité forte ou moyenne. Le Cluster 1 à capacité faible, malgré son effectif réduit de 8 ménages, présente un score d'adaptation agricole élevé de 73, mais un score de capacité limité de 15 et une adaptation globale de 26. Le Cluster 1 à capacité forte affiche un profil plus équilibré, avec 72 en adaptation agricole, 36 en capacité et 43 en adaptation globale pour 22 ménages. Le Cluster 6 à capacité forte présente également un niveau élevé, avec 72 en adaptation agricole, 43 en capacité et 48 en adaptation globale pour 27 ménages. Les profils intermédiaires montrent des niveaux d'adaptation plus modérés. Le Cluster 1 à capacité moyenne atteint 69 en adaptation agricole, 23 en capacité et 32 en adaptation globale pour 17 ménages, tandis que le Cluster 6 à capacité moyenne présente 62 en adaptation agricole, 27 en capacité et 34 en adaptation globale pour 8 ménages. Le Cluster 4 à capacité forte affiche aussi un profil relativement favorable, avec 60 en adaptation agricole, 38 en capacité et 42 en adaptation globale pour 13 ménages. À l'inverse, les profils les moins favorables sont associés aux faibles niveaux de capacité et à certains clusters spécifiques. Le Cluster 2 à capacité faible constitue le profil le plus vulnérable, avec seulement 8 en adaptation agricole, 11 en capacité et 10 en adaptation globale pour 44 ménages. Le Cluster 3 à capacité faible affiche également de faibles scores, avec 12 en adaptation agricole, 17 en capacité et 16 en adaptation globale pour 10 ménages. Le Cluster 3 à capacité moyenne reste aussi limité, avec 15 en adaptation agricole, 25 en capacité et 23 en adaptation globale pour 34 ménages. Cette montre que l'adaptation agricole varie fortement selon les profils typologiques et les niveaux de capacité. Les scores les plus élevés d'adaptation agricole sont observés dans les profils du Cluster 1 et du Cluster 6, tandis que les scores les plus faibles concernent surtout le Cluster 2 à capacité faible et le Cluster 3 à capacité faible ou moyenne. Cette lecture confirme que l'adaptation agricole ne dépend pas seulement de l'appartenance à un cluster, mais aussi du niveau de capacité des ménages.

3.1.6 Déterminants binaires de l'adaptation agricole élevée des ménages ruraux

La figure ci-dessous présente un volcano plot permettant d'identifier les variables binaires les plus associées à l'adaptation agricole élevée. L'axe horizontal indique la différence de pourcentage de présence d'une pratique ou ressource entre les ménages à adaptation élevée et ceux à adaptation faible ou moyenne. L'axe vertical

représente le niveau de significativité statistique, exprimé par $-\log_{10}(p \text{ ajustée FDR})$. Plus un point est situé haut, plus l'association est statistiquement robuste. La taille des points traduit l'intensité de l'association mesurée par le V de Cramer.

Figure 6: Déterminants binaires de l'adaptation agricole élevée des ménages ruraux



Source : Auteur 2026

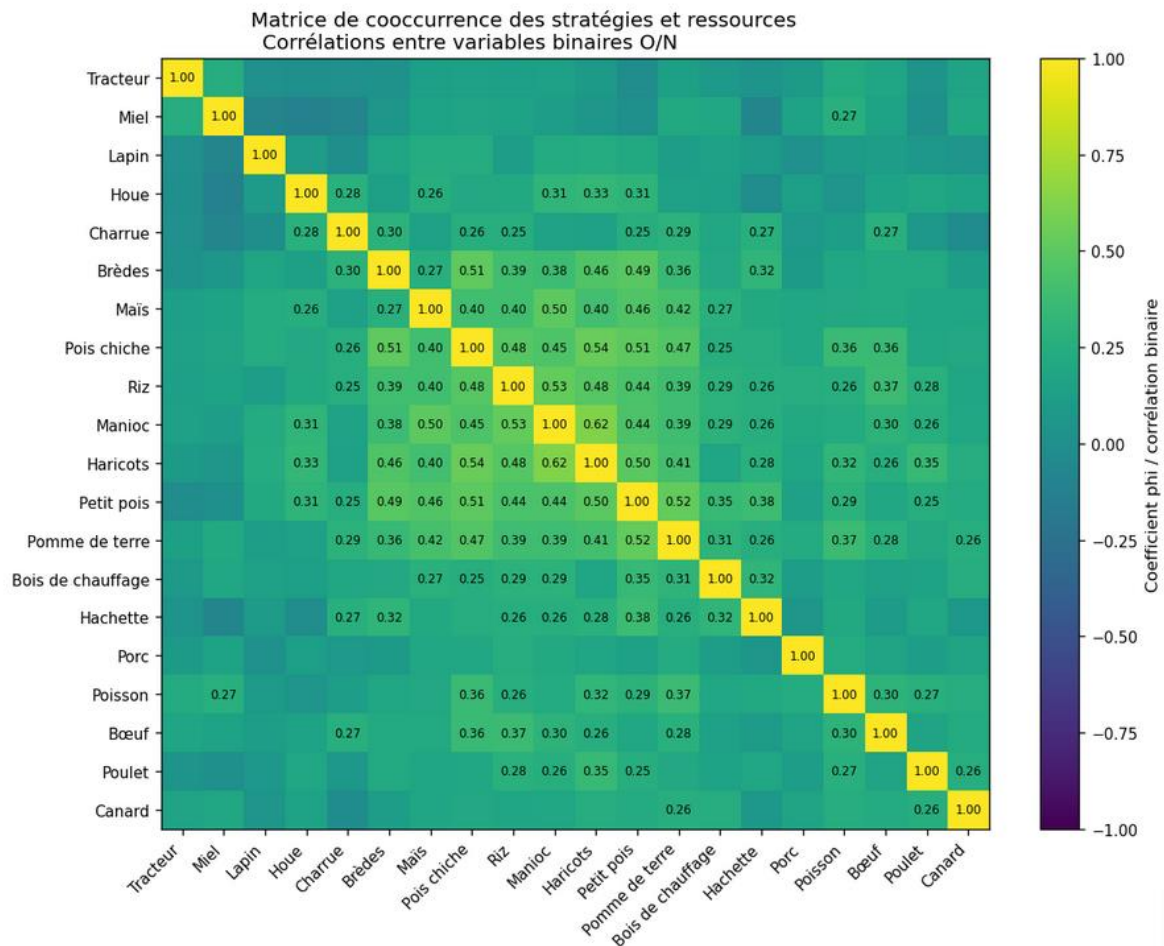
Interprétation

Le résultat montre que plusieurs variables sont fortement associées à une adaptation agricole élevée. Les variables les plus discriminantes se situent dans la partie supérieure droite du graphique, ce qui indique à la fois une différence positive importante et une forte significativité statistique. Le poisson apparaît comme l'un des déterminants les plus marqués, avec une différence supérieure à 25 points et une significativité très élevée, au-dessus de 7 sur l'axe $-\log_{10}(p \text{ ajustée})$. Le poulet, le bois de chauffage, le bœuf, la houe, la hachette, le canard et le porc présentent également des associations positives importantes, généralement comprises entre 20 et 33 points de différence. Ces résultats indiquent que les ménages les mieux adaptés ne se distinguent pas uniquement par les cultures agricoles, mais aussi par la combinaison de ressources animales, d'outillage et d'activités complémentaires. La présence du poulet, du bœuf, du porc, du canard ou du poisson suggère que l'élevage et les ressources animales jouent un rôle important dans les profils d'adaptation agricole. De même, la houe et la hachette traduisent l'importance de l'équipement dans la capacité des ménages à diversifier ou ajuster leurs pratiques. À l'inverse, quelques variables situées à gauche du graphique présentent une différence négative, ce qui signifie qu'elles sont moins fréquentes chez les ménages à adaptation agricole élevée. Toutefois, la majorité des variables les plus significatives et les plus fortement associées se trouve du côté positif, ce qui confirme que l'adaptation agricole élevée est liée à une accumulation de pratiques, de ressources et d'équipements. Dans l'ensemble, cette figure montre que l'adaptation agricole élevée repose sur un ensemble de déterminants complémentaires plutôt que sur une seule variable isolée. Les facteurs les plus associés combinent élevage, ressources productives et outillage.

3.1.7 Cooccurrence des stratégies et ressources dans les systèmes d'exploitation des ménages ruraux

La figure ci-dessous illustre la matrice de cooccurrence entre les principales stratégies et ressources déclarées par les ménages. Elle mesure les associations entre variables binaires de type présence/absence. Les coefficients positifs indiquent que deux pratiques ou ressources tendent à apparaître ensemble chez les mêmes ménages, tandis que les valeurs proches de zéro traduisent une faible association. Cette lecture permet d'identifier les combinaisons de pratiques qui structurent les systèmes d'exploitation.

Figure 7: Cooccurrence des stratégies et ressources dans les systèmes d'exploitation des ménages ruraux



Source : Auteur 2026

Interprétation

La matrice montre d'abord une forte association entre plusieurs cultures vivrières. Le manioc et les haricots présentent l'une des corrélations les plus élevées, avec 0,62, ce qui indique qu'ils sont fréquemment associés dans les mêmes exploitations. Le pois chiche est également lié aux haricots avec 0,54, au manioc avec 0,45, au riz avec 0,48 et au petit pois avec 0,51. Ces relations indiquent l'existence d'un noyau agricole diversifié autour des cultures vivrières. Le riz, le manioc, les haricots, le maïs, le pois chiche et le petit pois forment ainsi un ensemble cohérent de pratiques agricoles souvent combinées. Le riz est corrélé au manioc à 0,53, aux haricots à 0,48 et au pois chiche à 0,48. De même, le maïs est associé au manioc à 0,50, au pois chiche à 0,40, au riz à 0,40 et aux haricots à 0,40. Ces valeurs traduisent des systèmes agricoles fondés sur la complémentarité des cultures. Les équipements et ressources techniques apparaissent aussi liés aux pratiques agricoles. La charrue est corrélée aux brèdes à 0,30, au maïs à 0,27, au riz à 0,25 et à la pomme de terre à 0,29. La houe est associée au manioc à 0,31, aux haricots à 0,33 et au petit pois à 0,31. Ces relations suggèrent que certains outils accompagnent la diversification des cultures. Les activités d'élevage apparaissent plus faiblement associées aux cultures, mais certaines relations restent visibles. Le poisson est corrélé au pois chiche à 0,36, à la pomme de terre à 0,37, aux haricots à 0,32 et au bœuf à 0,30. Le poulet est associé aux haricots à 0,35, au riz à 0,28 et au poisson à 0,27. Ces associations indiquent que l'élevage ou les ressources animales peuvent compléter certains systèmes agricoles. Dans l'ensemble, la figure montre que les pratiques ne sont pas isolées, mais organisées en combinaisons. Les associations les plus fortes concernent

surtout les cultures vivrières, notamment le manioc, les haricots, le pois chiche, le riz, le maïs et le petit pois. Les outils et certaines activités d'élevage jouent un rôle complémentaire. Cette structure confirme que les stratégies d'adaptation reposent principalement sur des combinaisons agricoles diversifiées, auxquelles s'ajoutent des ressources techniques et animales selon les profils de ménages.

3.2 Discussions

Les résultats mettent en évidence une forte hétérogénéité des stratégies d'adaptation agricole des ménages ruraux. Le score moyen d'adaptation agricole est de 35,52 sur 100, avec une médiane de 30,77 et un écart-type de 29,59, ce qui montre que les capacités d'adaptation sont très inégalement réparties entre les ménages. La présence de scores allant de 0 à 100 confirme l'existence de profils très contrastés, depuis des ménages faiblement adaptés jusqu'à des ménages fortement engagés dans des pratiques agricoles diversifiées. La différenciation selon la Classe AFD est particulièrement marquée. Les ménages de la Classe 1 présentent un score moyen d'adaptation agricole de 63,69, contre seulement 12,42 pour ceux de la Classe 2. La différence est statistiquement significative selon le test de Mann-Whitney, avec une p-value de 0,0000. Ce résultat indique que l'appartenance à un profil d'exploitation donné influence fortement la capacité des ménages à adapter leurs pratiques agricoles face aux vulnérabilités. L'analyse territoriale confirme également l'importance du contexte local. Les scores moyens les plus élevés sont observés à Ankadivao avec 70,0, Ambatokely avec 66,7, Ambohitrimamba avec 60,3 et Tsaradidy avec 57,0. À l'inverse, les scores les plus faibles sont relevés à Ambanitsena avec 16,8, Isoavina avec 23,1 et Ambatolampikely avec 31,6. Ces écarts montrent que les stratégies d'adaptation agricole ne dépendent pas seulement des caractéristiques individuelles des ménages, mais aussi des conditions territoriales, des ressources disponibles et des systèmes d'exploitation dominants dans chaque quartier. Les résultats du modèle logit exploratoire renforcent cette lecture. Le quartier de Tsaradidy apparaît comme le déterminant territorial positif le plus marqué, avec un coefficient standardisé de 0,95, suivi d'Isoavina avec 0,41 et de Nandihizakely avec 0,38. Le score de capacité présente également une association positive avec l'adaptation agricole élevée, avec un coefficient de 0,20. À l'inverse, la Classe AFD 2 exerce l'effet négatif le plus fort, avec un coefficient de -3,03, ce qui confirme que cette classe est associée à une probabilité plus faible d'adaptation agricole élevée. Les analyses par clusters et capacités montrent que les profils les plus favorables combinent généralement une forte adaptation agricole, de meilleures capacités et une adaptation globale plus élevée. Par exemple, le Cluster 6 à capacité forte présente un score d'adaptation agricole de 72, un score de capacité de 43 et une adaptation globale de 48. À l'opposé, le Cluster 2 à capacité faible affiche les scores les plus faibles, avec 8 en adaptation agricole, 11 en capacité et 10 en adaptation globale. Ces contrastes confirment que l'adaptation agricole est fortement liée à la combinaison entre profil typologique et niveau de capacité. Les matrices de cooccurrence et le volcano plot montrent enfin que l'adaptation agricole élevée repose sur des combinaisons de ressources plutôt que sur une seule pratique isolée. Les associations les plus fortes concernent les cultures vivrières, l'élevage, l'outillage et certaines ressources complémentaires. Des variables comme le poisson, le poulet, le bois de chauffage, le bœuf, la houe, la hachette, le canard et le porc apparaissent fortement associées à l'adaptation agricole élevée. Cela indique que les ménages les mieux adaptés mobilisent un ensemble diversifié de ressources productives et techniques. Les ménages disposant de meilleures capacités, appartenant à des profils plus favorables ou localisés dans certains quartiers adaptent plus efficacement leurs pratiques agricoles. Toutefois, la dimension de perception directe des risques reste à approfondir si les variables spécifiques de perception ne sont pas encore disponibles. L'étude montre donc que l'adaptation agricole est principalement structurée par les capacités des ménages, les ressources productives, la classe d'exploitation et les déterminants territoriaux.

4 Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'identifier les facteurs qui influencent les choix d'adaptation agricole des ménages ruraux face aux vulnérabilités. Les résultats montrent que l'adaptation agricole varie fortement selon les profils de ménages, les capacités disponibles, la Classe AFD et les quartiers. Le score moyen d'adaptation agricole est de 35,52 sur 100, avec une médiane de 30,77 et un écart-type de 29,59, ce qui traduit une forte hétérogénéité des pratiques adoptées. L'hypothèse selon laquelle les ménages qui perçoivent mieux les risques ou disposent de meilleures capacités adaptent plus efficacement leurs pratiques agricoles est globalement soutenue par les résultats. Les ménages de la Classe AFD 1 affichent un score moyen d'adaptation agricole nettement supérieur à ceux de la Classe AFD 2, soit 63,69 contre 12,42, avec une différence statistiquement significative au test de Mann-Whitney ($p = 0,0000$). Cela confirme que le profil d'exploitation influence fortement la capacité d'adaptation. Les résultats territoriaux renforcent cette conclusion. Les scores les plus élevés sont observés à Ankadivao (70,0), Ambatokely (66,7), Ambohitrimamba (60,3) et Tsaradidy (57,0), alors que les scores les plus faibles concernent Ambanitsena (16,8) et Isoavina (23,1). Le modèle logit confirme également l'importance des déterminants territoriaux et structurels : Tsaradidy présente un effet positif marqué (0,95), tandis que la Classe AFD 2 exerce un effet négatif très fort (-3,03) sur l'adaptation agricole élevée. Ainsi, l'hypothèse est vérifiée dans sa dimension structurelle et

capacitaire : les ménages les mieux dotés, mieux positionnés territorialement ou appartenant aux profils les plus favorables adaptent plus efficacement leurs pratiques agricoles. Toutefois, la dimension liée à la perception directe des risques reste à approfondir par l'intégration de variables spécifiques de perception.

REFERENCES

- [1] Chambers, R. and Conway, G.R. (1992) Sustainable Rural Livelihoods: Practical Concepts for the 21st Century. IDS Discussion Paper 296. Brighton: Institute of Development Studies.
- [2] Scoones, I. (1998) Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis. IDS Working Paper 72. Brighton: Institute of Development Studies.
- [3] Ellis, F. (1998) 'Household strategies and rural livelihood diversification', *The Journal of Development Studies*, 35(1), pp. 1–38.
- [4] Barrett, C.B., Reardon, T. and Webb, P. (2001) 'Nonfarm income diversification and household livelihood strategies in rural Africa: concepts, dynamics, and policy implications', *Food Policy*, 26(4), pp. 315–331.
- [5] Folke, C. (2006) 'Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses', *Global Environmental Change*, 16(3), pp. 253–267.
- [6] FAO (2021) *The State of Food and Agriculture 2021: Making Agrifood Systems More Resilient to Shocks and Stresses*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [7] IPCC (2022) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [8] Kluyver, T., Ragan-Kelley, B., Pérez, F., Granger, B., Bussonnier, M., Frederic, J., Kelley, K., Hamrick, J., Grout, J., Corlay, S., Ivanov, P., Avila, D., Abdalla, S. and Willing, C. (2016) 'Jupyter Notebooks—a publishing format for reproducible computational workflows', in *Positioning and Power in Academic Publishing: Players, Agents and Agendas*. Göttingen: IOS Press, pp. 87–90.
- [9] Anaconda (2025) *Anaconda Distribution Documentation*. Austin: Anaconda, Inc.
- [10] McKinney, W. (2010) 'Data Structures for Statistical Computing in Python', *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*, pp. 56–61.
- [11] Harris, C.R., Millman, K.J., van der Walt, S.J. et al. (2020) 'Array programming with NumPy', *Nature*, 585, pp. 357–362.
- [12] Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T.E. et al. (2020) 'SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python', *Nature Methods*, 17, pp. 261–272.
- [13] Hunter, J.D. (2007) 'Matplotlib: A 2D graphics environment', *Computing in Science & Engineering*, 9(3), pp. 90–95.
- [14] Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A. et al. (2011) 'Scikit-learn: Machine Learning in Python', *Journal of Machine Learning Research*, 12, pp. 2825–2830.
- [15] Escofier, B. and Pagès, J. (2008) *Analyses factorielles simples et multiples : objectifs, méthodes et interprétation*. Paris: Dunod.