

Vulnérabilité Mesurée Et Stratégies De Diversification Des Ménages Ruraux Dans La Commune Rurale D'ambanitsena : Analyse Des Systèmes D'exploitation Et Des Profils Territoriaux

FIDIHERY Toky Tantely^{1,1}, RAHAJAMANANA Jasmin^{1,2}, RAKOTOMALALA Hajanirina Yves Pascal^{1,3},
ANDRIAMASY Andry Malala^{1,4}

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

Auteur Correspondant : FIDIHERY Toky Tantely, tantely.tf@gmail.com



Résumé : Cette étude analyse la relation entre vulnérabilité mesurée et stratégies de diversification des ménages ruraux dans la Commune rurale d'Ambanitsena, à partir d'un échantillon de 293 ménages. L'analyse factorielle multiple montre que les deux premiers axes expliquent 20,55 % de la variance, dont 12,23 % pour l'axe 1 et 8,32 % pour l'axe 2, révélant une différenciation progressive des profils d'exploitation. Le score de diversification présente une moyenne de 8,14 pratiques par ménage, une médiane de 7 et un maximum de 20, traduisant une forte hétérogénéité des capacités d'adaptation. Les corrélations indiquent que la diversification globale est fortement associée au système agricole ($r = 0,95$) et à l'élevage ($r = 0,77$). Les profils territoriaux montrent qu'Ankadivao se distingue par des scores élevés en agriculture (9,11) et en outillage (8,64), tandis que Tsaradidy présente le score d'élevage le plus élevé (3,69). Enfin, la vulnérabilité mesurée varie nettement selon la diversification, avec des moyennes de 20,00, 11,80 et 5,24 respectivement pour les ménages faiblement, moyennement et fortement vulnérables.

Mots clés : Ambanitsena ; vulnérabilité mesurée ; diversification ; systèmes d'exploitation ; ménages ruraux.

Abstract: This study analyzes the relationship between measured vulnerability and livelihood diversification strategies among rural households in the rural commune of Ambanitsena, based on a sample of 293 households. Multiple factor analysis shows that the first two axes explain 20.55% of the total variance, including 12.23% for Axis 1 and 8.32% for Axis 2, revealing a progressive differentiation of farming system profiles. The diversification score has a mean of 8.14 practices per household, a median of 7, and a maximum of 20, indicating substantial heterogeneity in adaptation capacities. Correlation analysis shows that overall diversification is strongly associated with the agricultural system ($r = 0.95$) and livestock activities ($r = 0.77$). Territorial profiles indicate that Ankadivao stands out with high agricultural (9.11) and equipment (8.64) scores, while Tsaradidy records the highest livestock score (3.69). Finally, measured vulnerability varies significantly according to diversification level, with mean values of 20.00, 11.80, and 5.24 for low-, medium-, and highly vulnerable households, respectively.

Keywords: Ambanitsena; measured vulnerability; diversification; farming systems; rural households.

INTRODUCTION

Les ménages ruraux évoluent dans des contextes marqués par des vulnérabilités économiques, climatiques, institutionnelles et environnementales qui affectent leurs conditions d'existence et leurs systèmes d'exploitation. Dans les approches des moyens

d'existence durables, la résilience dépend de la capacité des ménages à mobiliser des ressources, à adapter leurs pratiques et à diversifier leurs activités face aux chocs et aux incertitudes [1], [2]. La diversification des pratiques agricoles, d'élevage, forestières, techniques et économiques constitue ainsi un levier important pour comprendre les stratégies paysannes dans les territoires ruraux [3]. Dans la Commune rurale d'Ambanitsena, les ménages ruraux présentent des systèmes d'exploitation différenciés, structurés autour de combinaisons variables de pratiques productives, de ressources disponibles et d'activités complémentaires. L'analyse de ces systèmes permet d'appréhender les formes locales d'adaptation et les écarts de capacité entre ménages. Elle offre également une lecture territoriale des logiques d'exploitation, en tenant compte des spécificités des quartiers et des conditions socio-environnementales qui influencent les pratiques rurales. La vulnérabilité est généralement définie comme une situation résultant de l'exposition aux risques, de la sensibilité des ménages et de leur capacité d'adaptation [4], [5]. Dans cette perspective, l'étude des stratégies de diversification permet d'approcher la vulnérabilité mesurée des ménages, entendue comme une vulnérabilité observée à travers leurs pratiques, leurs ressources et leur niveau de diversification. L'hypothèse retenue est que le niveau de vulnérabilité mesurée influence les stratégies adoptées par les ménages ruraux. Cette recherche pose ainsi la question suivante : comment la vulnérabilité mesurée structure-t-elle les stratégies de diversification des ménages ruraux dans la Commune rurale d'Ambanitsena ? L'objectif est d'analyser les systèmes d'exploitation, de caractériser les profils territoriaux et d'identifier les formes de diversification associées aux différents niveaux de vulnérabilité. Les résultats attendus visent à proposer une lecture synthétique des stratégies paysannes, des profils d'exploitation et des conditions favorables au renforcement de la résilience rurale face aux vulnérabilités socio-environnementales [6], [7].

MATÉRIELS ET MÉTHODES

1- Matériels

L'étude repose sur des données primaires collectées par questionnaire auprès des ménages ruraux de la Commune rurale d'Ambanitsena. L'unité statistique retenue est le ménage, assimilé à une exploitation agricole, afin d'analyser conjointement les pratiques agricoles, l'élevage, les activités forestières, l'outillage, les activités secondaires et les stratégies de diversification. La base brute issue de l'enquête a été saisie et organisée au format Excel, puis traitée dans l'environnement Jupyter Notebook, qui facilite l'association entre code, résultats, tableaux et visualisations dans une logique de reproductibilité scientifique. Le choix du langage Python se justifie par sa capacité à regrouper, dans un même environnement, l'importation des données, le nettoyage, la construction des indicateurs, les tests statistiques, les analyses factorielles et les visualisations. Par rapport aux logiciels statistiques classiques, Python présente l'avantage de produire des traitements entièrement reproductibles, modifiables et traçables. L'utilisation de Jupyter Notebook renforce cette reproductibilité, car elle permet de documenter chaque étape du traitement et d'associer directement les scripts, les tableaux, les figures et les commentaires méthodologiques [8]. L'analyse a été réalisée sous la plateforme Anaconda, retenue pour la gestion des environnements Python, des bibliothèques scientifiques et des dépendances nécessaires au traitement des données [9]. L'échantillon comprend 293 ménages/exploitations agricoles répartis dans 9 quartiers de la Commune rurale d'Ambanitsena et classés selon 2 classes AFD. Les données mobilisées comportent 44 variables binaires décrivant la présence ou l'absence de pratiques, ressources ou activités. La répartition territoriale montre que le quartier d'Ambanitsena regroupe 88 ménages, soit 30,03 % de l'échantillon, suivi d'Ambatolampikely avec 56 ménages, soit 19,11 %, d'Isoavina avec 43 ménages, soit 14,68 %, de Tsaradidy avec 32 ménages, soit 10,92 %, d'Ankadivao avec 28 ménages, soit 9,56 %, de Nandihizakely avec 25 ménages, soit 8,53 %, d'Ambatokely avec 12 ménages, soit 4,10 %, d'Ambohitrinimamba avec 6 ménages, soit 2,05 %, et d'Ambohitsararay avec 3 ménages, soit 1,02 %. Le traitement des données a mobilisé plusieurs bibliothèques Python. La bibliothèque pandas a été utilisée pour l'importation des fichiers Excel, la structuration des tableaux, le nettoyage des variables et les agrégations statistiques, conformément à son usage en analyse de données tabulaires [10]. La bibliothèque NumPy a servi aux calculs numériques, aux opérations vectorisées et à la construction des indicateurs synthétiques [11]. Les tests statistiques ont été réalisés avec SciPy, qui fournit des outils adaptés aux analyses scientifiques, aux corrélations, aux tests non paramétriques et aux tests d'association [12]. La bibliothèque scikit-learn a été mobilisée pour les traitements de standardisation, de classification et les analyses exploratoires de type apprentissage statistique [13]. Enfin, statsmodels peut être utilisé pour les modèles statistiques ou économétriques nécessitant coefficients, p-values, intervalles de confiance et diagnostics de régression [14].

2- Méthodes

La démarche méthodologique a d'abord consisté à nettoyer et prétraiter la base issue de l'enquête. Les variables ont été harmonisées, les noms de colonnes vérifiés, les modalités recodées et les variables binaires converties au format numérique. Les colonnes d'identification, telles que le quartier, la classe AFD et l'identifiant du ménage, ont été séparées des variables d'analyse. Les valeurs manquantes, les incohérences de codage et les doublons éventuels ont été contrôlés avant la construction des indicateurs. Ce prétraitement a permis de structurer les données selon cinq groupes thématiques correspondant aux systèmes agricole, d'élevage, forestier, d'outillage et d'activités secondaires. Les scores de diversification ont été construits à partir des variables binaires. Pour chaque ménage, les pratiques présentes ont été additionnées afin d'obtenir un score brut de diversification. Des scores thématiques ont ensuite été calculés en rapportant le nombre de pratiques observées au nombre total de variables dans chaque groupe, puis en les normalisant sur une échelle de 0 à 100. Cette procédure permet de comparer les ménages selon leurs niveaux de diversification, indépendamment du nombre de variables contenues dans chaque système d'activité. L'indice de vulnérabilité mesurée a été approché à partir de la logique inverse de la diversification, en considérant que les ménages les moins diversifiés disposent d'un portefeuille plus limité de pratiques et de ressources. L'analyse descriptive a porté sur les effectifs, les pourcentages, les moyennes, les médianes, les écarts-types et les distributions des scores. Elle a permis de caractériser la population enquêtée, la structure de l'échantillon par quartier, la répartition selon les classes AFD et les principales pratiques observées. La population d'étude correspond aux ménages/exploitations agricoles enquêtés dans la Commune rurale d'Ambanitsena, tandis que l'échantillon opérationnel est constitué de 293 ménages répartis dans les 9 quartiers retenus. Pour analyser les relations entre vulnérabilité mesurée et stratégies adoptées, plusieurs traitements statistiques ont été appliqués. Les corrélations de Spearman ont été utilisées lorsque les distributions étaient ordinales ou non normales. Les tests de Mann-Whitney et de Kruskal-Wallis ont permis de comparer les scores de diversification selon les niveaux de vulnérabilité. Le test du khi-deux et le V de Cramer ont été mobilisés pour mesurer l'association entre variables catégorielles, notamment entre niveau de vulnérabilité et stratégie élevée ou faible. L'analyse factorielle multiple a été utilisée pour représenter simultanément les différents groupes de variables décrivant les systèmes d'exploitation. Cette méthode est adaptée aux données structurées en blocs thématiques, car elle permet d'étudier les relations entre individus, groupes de variables et profils d'exploitation tout en évitant qu'un seul groupe domine l'analyse [15]. L'analyse factorielle des correspondances a également été mobilisée pour étudier le positionnement des quartiers selon les systèmes d'activité dominants. Ces approches factorielles ont permis d'identifier les proximités entre ménages, quartiers et systèmes de pratiques, ainsi que les gradients de diversification. Le choix du langage Python se justifie par sa capacité à regrouper, dans un même environnement, l'importation des données, le nettoyage, la construction des indicateurs, les tests statistiques, les analyses factorielles et les visualisations. Par rapport aux logiciels statistiques classiques, Python présente l'avantage de produire des traitements entièrement reproductibles, modifiables et traçables. L'utilisation de Jupyter Notebook renforce cette reproductibilité, car elle permet de documenter chaque étape du traitement et d'associer directement les scripts, les tableaux, les figures et les commentaires méthodologiques [8]. Cette approche est donc adaptée à l'analyse quantitative des systèmes d'exploitation ruraux et à l'étude des relations entre vulnérabilité mesurée, diversification et stratégies d'adaptation.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1-Analyse factorielle multiple (AFM)des systèmes d'exploitation ruraux selon les niveaux de diversification des pratiques paysannes

Le tableau ci-dessous présente les principaux paramètres utilisés pour construire l'analyse factorielle multiple appliquée aux systèmes d'exploitation des ménages ruraux. Il résume à la fois la structure de la base de données, la répartition des variables par groupe d'activité, les poids appliqués à chaque bloc thématique et le niveau de variance expliqué par les deux premiers axes factoriels. Cette synthèse permet de situer la robustesse descriptive de l'analyse et de comprendre la manière dont les différentes dimensions agricoles, économiques et sociales ont été intégrées dans la construction de l'espace factoriel. Ce tableau comprend 293 observations, correspondant aux ménages ou exploitations agricoles enquêtés, et 54 variables au total. Ces variables sont organisées

en cinq groupes principaux représentant les dimensions constitutives des systèmes d'activité ruraux. Le groupe agricole comprend 13 variables, l'élevage 9 variables, le groupe forestier 2 variables, l'outillage 13 variables et les activités secondaires 7 variables. Cette structuration traduit une approche multidimensionnelle des conditions d'existence des ménages ruraux, dans laquelle les pratiques agricoles ne sont pas étudiées isolément, mais en relation avec l'élevage, les équipements disponibles, les activités forestières et les formes de diversification économique.

Tableau 1: Synthèse méthodologique de l'AFM appliquée aux systèmes d'activité des ménages ruraux enquêtés

Catégorie	Indicateur	Valeur
Structure de la base	Nombre d'observations	293
	Nombre total de variables	54
Répartition des variables par groupe	Agricole	13 variables
	Élevage	9 variables
	Forestier	2 variables
	Outillage	13 variables
	Activités secondaires	7 variables
Poids appliqués aux groupes	Agricole	0,421
	Élevage	0,689
	Forestier	0,988
	Outillage	0,583
	Activités secondaires	0,863
Variance expliquée	Axe 1	12,23%
	Axe 2	8,32%
	Variance cumulée (Axes 1 et 2)	20,55%

Source : Auteur

La figure ci-après présente la projection des 293 exploitations agricoles dans le plan factoriel formé par les deux premiers axes de l'analyse factorielle multiple. Les ménages sont représentés par des points et colorés selon leur niveau de diversification, distinguant quatre catégories : diversification faible, moyen faible, moyen élevé et élevé. L'axe 1 explique 12,2 % de la variance, tandis que l'axe 2 explique 8,3 %, soit une variance cumulée de 20,5 %. Cette représentation permet d'observer la manière dont les ménages se différencient selon leurs combinaisons de pratiques agricoles, d'élevage, d'outillage, d'activités forestières et d'activités secondaires.

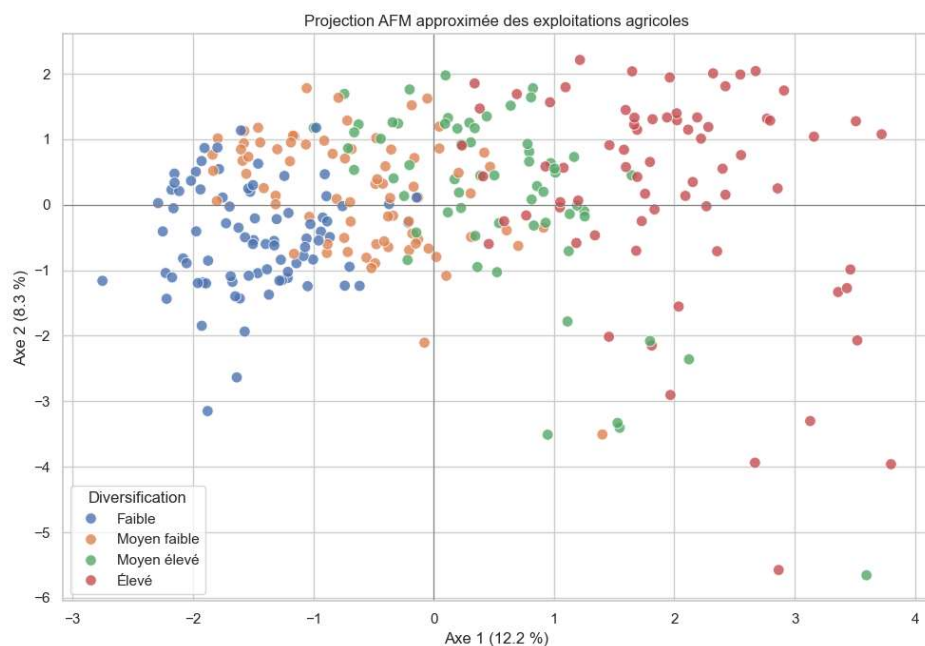


Figure 1: Projection factorielle des exploitations agricoles selon leur niveau de diversification des pratiques

Source : Auteur

Interprétation

La projection factorielle met en évidence un gradient clair de diversification des ménages selon l'axe 1. Les exploitations faiblement diversifiées, représentées en bleu, se situent principalement du côté négatif de cet axe, entre environ -2,5 et 0, ce qui traduit des profils caractérisés par un nombre limité de pratiques et de ressources. Les ménages à diversification moyenne faible occupent une position intermédiaire, autour de -1,5 à 0,5, indiquant des systèmes d'activité en transition, encore relativement limités. Les ménages à diversification moyenne élevée se concentrent davantage dans la partie centrale et positive du plan, entre environ 0 et 1,5 sur l'axe 1. Ils présentent une combinaison plus large d'activités, mais avec une certaine dispersion sur l'axe 2, ce qui montre que leurs formes de diversification ne sont pas homogènes. Les ménages à diversification élevée, représentés en rouge, se positionnent surtout dans la partie positive de l'axe 1, entre environ 1 et 4, indiquant des systèmes d'exploitation plus diversifiés et mieux dotés en pratiques ou ressources. Ainsi, l'axe 1 peut être interprété comme un axe de diversification globale, opposant les ménages faiblement diversifiés aux ménages fortement diversifiés. L'axe 2, qui explique 8,3 % de la variance, introduit une différenciation secondaire entre des ménages ayant parfois des niveaux de diversification proches, mais des combinaisons d'activités différentes. Certains profils fortement diversifiés se situent au-dessus de 1 sur l'axe 2, tandis que d'autres descendent jusqu'à environ -5,5, traduisant des logiques d'exploitation distinctes. Dans l'ensemble, la figure montre que les pratiques des ménages ne sont pas distribuées de manière aléatoire. La progression des couleurs, du bleu vers le rouge, suit globalement un gradient de gauche à droite, confirmant que les ménages ruraux se structurent selon des niveaux différenciés de diversification. Les exploitations les moins diversifiées apparaissent plus regroupées, tandis que les plus diversifiées sont plus dispersées, ce qui traduit une plus grande variété de combinaisons d'activités et de stratégies d'adaptation.

2- Corrélations entre les systèmes d'activité et le niveau global de diversification des ménages ruraux

La figure suivante présente la matrice de corrélation entre les principaux systèmes d'activité des ménages ruraux enquêtés. Elle met en relation le score agricole, le score d'élevage, le score forestier, le score d'outillage, le score secondaire et le score global de diversification. Les coefficients de corrélation varient entre -1 et 1. Une valeur positive proche de 1 indique que deux dimensions évoluent fortement dans le même sens, tandis qu'une valeur proche de 0 traduit une relation faible ou inexistante. Les couleurs rouges indiquent des corrélations positives plus élevées, alors que les teintes bleutées signalent des relations négatives.

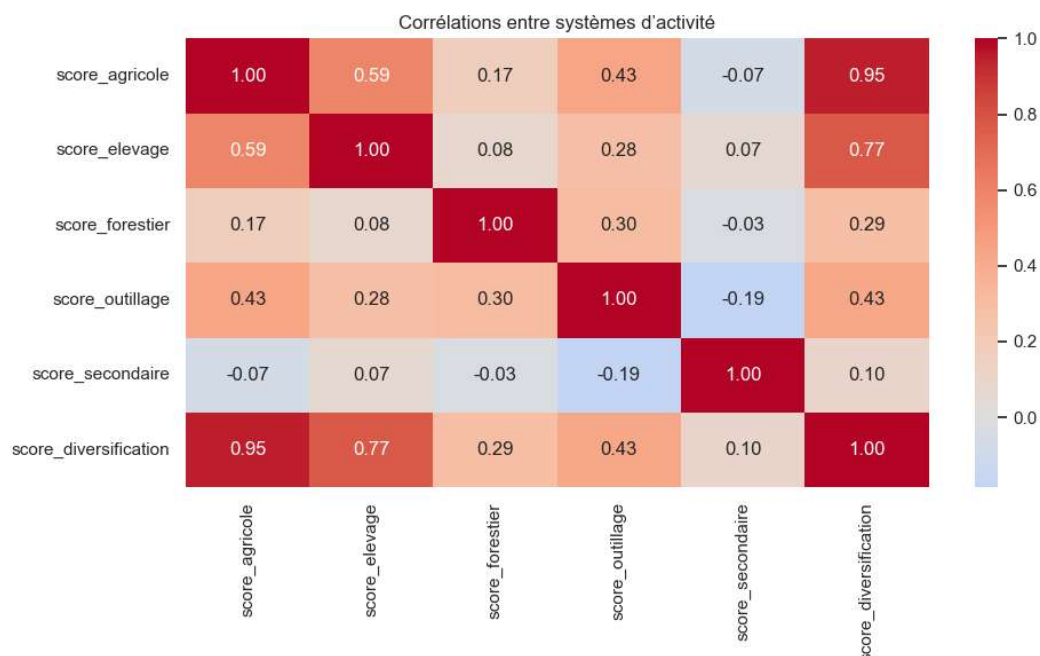


Figure 2: Corrélations entre les systèmes d'activité et le niveau global de diversification des ménages ruraux

Source : Auteur

Interprétation

La matrice met en évidence le rôle central de l'agriculture dans la diversification globale des ménages. La corrélation entre le score agricole et le score de diversification est très élevée, avec un coefficient de 0,95, ce qui montre que les ménages les plus diversifiés sont principalement ceux qui combinent plusieurs pratiques agricoles. L'élevage constitue également une dimension importante, avec une corrélation de 0,77 avec la diversification globale. La relation positive entre agriculture et élevage, estimée à 0,59, confirme l'existence d'une complémentarité entre ces deux systèmes d'activité. L'outillage présente une association modérée avec la diversification globale et le système agricole, avec des coefficients de 0,43 dans les deux cas. Cela indique que l'équipement accompagne la diversification, sans toutefois en constituer le seul facteur explicatif. Le système forestier apparaît plus faiblement intégré aux autres dimensions, avec une corrélation de 0,29 avec la diversification globale, 0,17 avec l'agriculture et 0,08 avec l'élevage. Il semble donc relever davantage d'activités spécifiques ou complémentaires. Les activités secondaires se distinguent par des corrélations faibles, voire négatives, avec les autres systèmes. Leur relation avec la diversification globale est limitée, avec un coefficient de 0,10, tandis qu'elles sont négativement corrélées à l'agriculture -0,07, au système forestier -0,03 et à l'outillage -0,19.

Cela suggère que les activités secondaires ne suivent pas nécessairement la même logique que les pratiques productives agricoles. Dans l'ensemble, la diversification des ménages ruraux repose principalement sur le couple agriculture-élevage, soutenu partiellement par l'outillage. Les activités forestières et secondaires jouent un rôle plus marginal ou spécifique. Ces résultats montrent que les stratégies d'exploitation sont structurées autour des pratiques agricoles et agro-pastorales, qui constituent les principaux leviers de diversification et de résilience des ménages ruraux.

3- Profil territorial moyen des systèmes d'activité des ménages ruraux enquêtés

La figure ci-dessous illustre le profil moyen des systèmes d'activité par quartier à partir de cinq dimensions principales : le score agricole, le score d'élevage, le score forestier, le score d'outillage et le score secondaire. Chaque cellule indique la valeur moyenne du score correspondant pour un quartier donné. L'intensité de la couleur permet de repérer rapidement les quartiers où certains systèmes d'activité sont plus développés. Les valeurs élevées indiquent une plus forte présence moyenne du système considéré, tandis que les valeurs faibles traduisent une faible mobilisation de ce type d'activité ou de ressource.

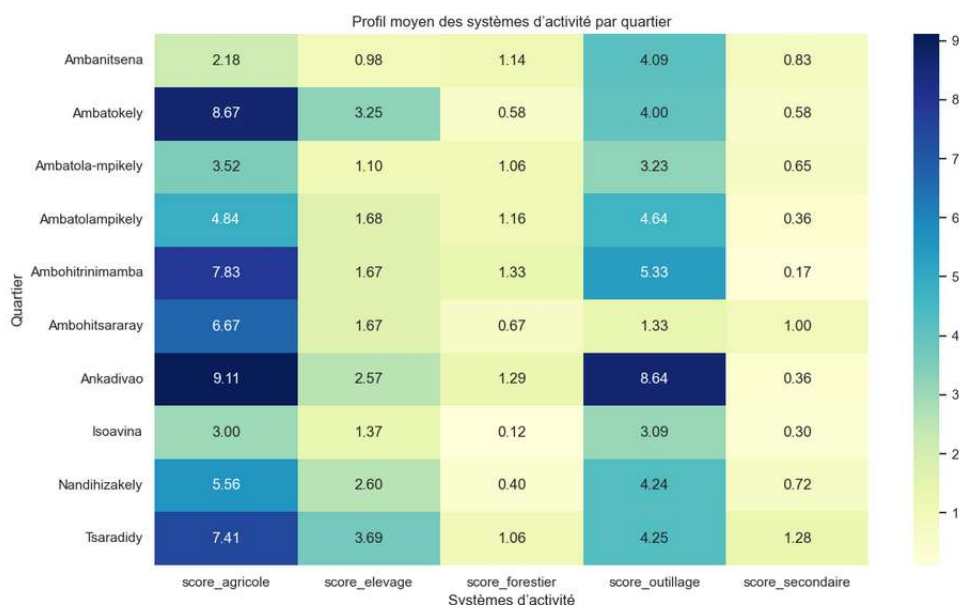


Figure 3: Profil territorial moyen des systèmes d'activité des ménages ruraux enquêtés

Source : Auteur

Interprétation

Cette figure met en évidence une différenciation territoriale nette des systèmes d'exploitation. Le score agricole est l'un des indicateurs les plus discriminants : il est plus élevé à Ankadivao avec 9,11, à Ambatokely avec 8,67, à Ambohitrinimamba avec 7,83 et à Tsaradidy avec 7,41. À l'inverse, Ambanitsena présente un score agricole plus faible de 2,18, suivi d'Isoavina avec 3,00 et d'Ambatolampikely avec 3,52, traduisant des systèmes agricoles moins diversifiés. Le score d'élevage confirme également des contrastes entre quartiers. Tsaradidy se distingue avec le score le plus élevé, soit 3,69, suivi d'Ambatokely avec 3,25, d'Nandihizakely avec 2,60 et d'Ankadivao avec 2,57. Le score forestier reste globalement faible dans l'ensemble des quartiers,

avec des valeurs généralement comprises entre 0,12 à Isoavina et 1,33 à Ambohitrimimamba, ce qui montre que les activités forestières occupent une place secondaire dans les systèmes d'activité. Le score d'outillage constitue un autre facteur important de différenciation. Ankadivao présente le niveau le plus élevé avec 8,64, indiquant un profil fortement équipé. Il est suivi d'Ambohitrimimamba avec 5,33, d'Ambatolampikely avec 4,64, de Tsaradidy avec 4,25, de Nandihizakely avec 4,24 et d'Ambanitsena avec 4,09. Les activités secondaires restent en revanche limitées dans la plupart des quartiers, avec un maximum observé à Tsaradidy avec 1,28, suivi d'Ambohitararay avec 1,00 et d'Ambanitsena avec 0,83. Dans l'ensemble, la figure montre que les ménages ruraux ne relèvent pas d'un modèle unique d'exploitation. Ankadivao apparaît comme un quartier à forte capacité productive, combinant un score agricole élevé de 9,11 et un score d'outillage de 8,64. Tsaradidy présente un profil plus équilibré, associant agriculture, élevage et activités secondaires. À l'inverse, Isoavina et Ambanitsena apparaissent moins diversifiés sur le plan agricole. Ces résultats indiquent que les stratégies d'exploitation varient fortement selon les quartiers et traduisent une adaptation différenciée aux conditions locales.

4- Positionnement factoriel des quartiers selon les systèmes d'activité dominants des ménages ruraux

La figure ci-dessous montre une analyse factorielle des correspondances synthétique entre les quartiers enquêtés et les grands systèmes d'activité des ménages ruraux. Elle met en relation les quartiers avec cinq dimensions principales : le système agricole, le système d'élevage, le système forestier, les systèmes d'outillage et les activités secondaires. Les points bleus représentent les quartiers, tandis que les triangles orange représentent les grands systèmes d'activité. La proximité entre un quartier et un système indique une association relative plus forte entre ce quartier et le système concerné. L'axe 1 explique 65,2 % de l'inertie totale et l'axe 2 en explique 19,6 %, soit une inertie cumulée de 84,8 %. Cette valeur élevée montre que le plan factoriel restitue une part importante de la structuration des relations entre territoires et systèmes d'activité.

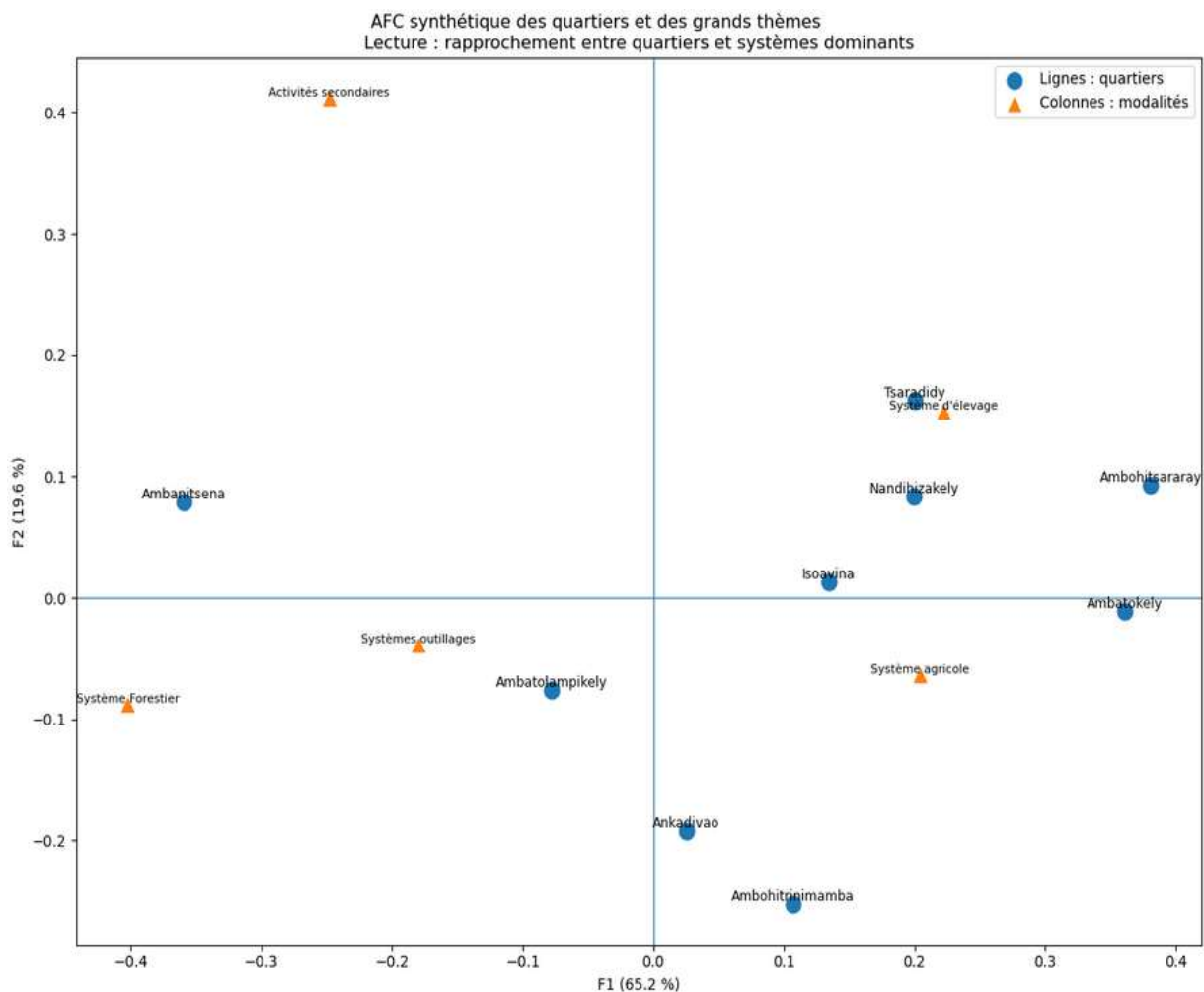


Figure 4: Positionnement factoriel des quartiers selon les systèmes d'activité dominants des ménages ruraux

Source : Auteur

Interprétation

Cette figure montre que l'axe 1 constitue le principal facteur de différenciation des quartiers. Il oppose, du côté négatif, les profils davantage associés aux systèmes forestiers, aux activités secondaires et à l'outillage, et du côté positif, les quartiers plus proches des systèmes agricoles et d'élevage. Le système forestier se situe autour de -0,40 sur l'axe 1, les activités secondaires autour de -0,25, tandis que le système agricole est positionné vers 0,20. L'axe 2, qui explique 19,6 % de l'inertie, distingue surtout les activités secondaires, placées en haut du plan avec une coordonnée proche de 0,41, des systèmes forestiers et d'outillage, situés plus bas, autour de -0,09 et -0,04. Les quartiers situés à droite du plan sont principalement associés à des logiques agricoles et agropastorales. Ankadivao apparaît comme le quartier le plus agricole, avec un score agricole de 9,11 et un score d'outillage de 8,64. Ambatokely présente également une forte orientation agricole, avec un score agricole de 8,67 et un score d'élevage de 3,25.

Tsaradidy se distingue plutôt par l'élevage, avec le score le plus élevé dans cette dimension, soit 3,69, associé à un score agricole de 7,41 et un score secondaire de 1,28. À l'inverse, les quartiers situés à gauche du plan présentent des profils moins directement liés aux systèmes agro-pastoraux dominants. Ambanitsena se caractérise par un score agricole faible de 2,18, mais un score d'outillage de 4,09 et un score secondaire de 0,83, ce qui traduit un profil moins agricole mais disposant de certaines ressources matérielles ou activités complémentaires. Ambatolampikely occupe également une position intermédiaire, avec un score d'outillage de 4,64 et un score agricole de 4,84. Ainsi, la figure confirme que les quartiers ne se structurent pas selon un modèle unique d'exploitation. Les profils de droite, comme Ankadivao, Ambatokely, Tsaradidy, Nandihizakely et Ambohitrimimamba, sont davantage orientés vers les systèmes agricoles et d'élevage. Les profils de gauche, comme Ambanitsena et Ambatolampikely, sont plus associés à des dimensions complémentaires, notamment l'outillage, les activités secondaires ou, plus marginalement, les ressources forestières. Cette différenciation territoriale montre que les stratégies d'exploitation sont fortement liées aux contextes locaux et aux systèmes d'activité dominants.

5-Différenciation des ménages ruraux selon le niveau de vulnérabilité mesurée et la dispersion territoriale des profils d'exploitation

La figure suivante illustre de relation entre deux dimensions complémentaires de l'analyse des ménages ruraux. Le premier graphique présente le score de diversification totale selon trois niveaux de vulnérabilité mesurée : faible, moyenne et forte. Le score de diversification correspond ici au nombre total de pratiques, ressources et activités déclarées par les ménages. Le second graphique représente la dispersion des ménages dans un espace factoriel, selon les quartiers d'appartenance. Les ellipses indiquent la dispersion des ménages par quartier lorsque l'effectif est au moins égal à 5. Ensemble, ces deux graphiques permettent d'examiner à la fois le lien entre vulnérabilité mesurée et diversification des pratiques, puis la différenciation territoriale des profils d'exploitation.

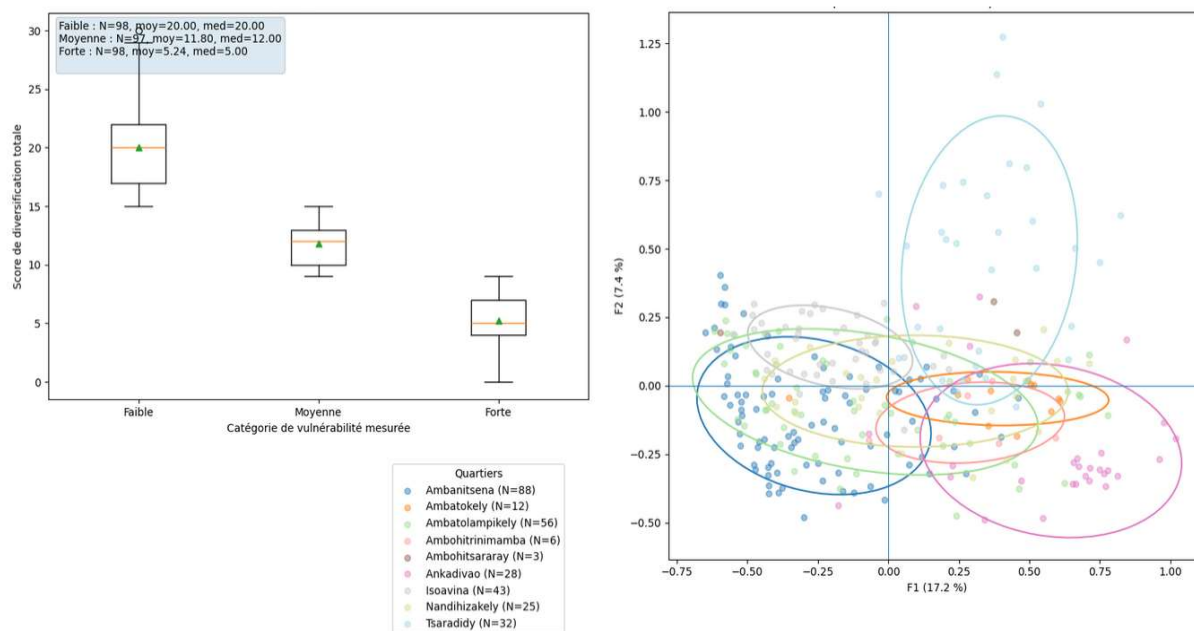


Figure 5: Différenciation des ménages ruraux selon le niveau de vulnérabilité mesurée et la dispersion territoriale des profils d'exploitation

Source : Auteur

Interprétation

La première figure met en évidence une relation inverse nette entre la vulnérabilité mesurée et la diversification des pratiques. Les ménages faiblement vulnérables présentent le niveau de diversification le plus élevé, avec une moyenne de 20,00 et une médiane de 20,00 pour 98 ménages. Les ménages à vulnérabilité moyenne occupent une position intermédiaire, avec une moyenne de 11,80 et une médiane de 12,00 pour 97 ménages. À l'inverse, les ménages fortement vulnérables affichent le score le plus faible, avec une moyenne de 5,24 et une médiane de 5,00 pour 98 ménages. L'écart de 14,76 points entre les deux groupes extrêmes montre que la diversification diminue fortement lorsque la vulnérabilité augmente. La seconde figure montre que cette différenciation est également territoriale. Le plan factoriel restitue 24,6 % de l'information totale, avec 17,2 % pour l'axe F1 et 7,4 % pour l'axe F2. Les ménages ne se répartissent pas de façon homogène selon les quartiers : Ambanitsena regroupe 88 ménages surtout du côté négatif de F1, tandis qu'Ambatolampikely avec 56 ménages et Isoavina avec 43 ménages présentent des profils plus dispersés. Tsaradidy, avec 32 ménages, se distingue davantage sur l'axe F2, alors qu'Ankadivao, avec 28 ménages, se positionne plutôt du côté positif de F1, traduisant un profil territorial plus spécifique. Les deux figures indiquent que les ménages les moins vulnérables disposent d'un portefeuille de pratiques plus diversifié, tandis que les ménages fortement vulnérables présentent des stratégies plus limitées. Elles montrent aussi que cette différenciation ne relève pas seulement des caractéristiques individuelles des ménages, mais aussi de leur ancrage territorial. Ces résultats soutiennent donc l'hypothèse selon laquelle la vulnérabilité mesurée influence les stratégies de diversification adoptées par les ménages ruraux.

DISCUSSION

Les résultats mettent en évidence une différenciation nette des ménages ruraux de la Commune rurale d'Ambanitsena selon leur niveau de diversification et leurs systèmes d'exploitation. Cette différenciation montre que les ménages ne disposent pas des mêmes ressources productives, techniques et économiques pour faire face aux vulnérabilités socio-environnementales. La diversification apparaît ainsi comme un indicateur pertinent de la vulnérabilité mesurée, car elle renseigne sur la capacité des ménages à combiner plusieurs pratiques agricoles, d'élevage, d'outillage, forestières ou secondaires. La distribution du score de diversification révèle une hétérogénéité importante entre les ménages enquêtés. Avec une moyenne de 8,14 pratiques par ménage, une médiane de 7 et un maximum de 20, les résultats montrent que la majorité des ménages se situe dans des niveaux faibles à intermédiaires de diversification. Cette situation suggère que les capacités d'adaptation restent inégalement réparties. Les ménages les moins diversifiés disposent d'un portefeuille plus limité de pratiques et apparaissent donc plus exposés aux chocs économiques, climatiques ou productifs. Les corrélations confirment que la diversification globale repose principalement sur l'agriculture et l'élevage. Le score agricole est très fortement corrélé au score global de diversification, avec une valeur de 0,95, tandis que l'élevage présente une corrélation de 0,77. L'outillage occupe une position intermédiaire avec une corrélation de 0,43. Ces résultats indiquent que les stratégies paysannes s'organisent principalement autour d'un noyau agro-pastoral, complété par les équipements et, de manière plus marginale, par les activités forestières et secondaires. L'analyse territoriale montre également des profils différenciés entre quartiers. Ankadivao se distingue par des scores élevés en agriculture (9,11) et en outillage (8,64), traduisant un profil productif relativement consolidé. Tsaradidy présente un profil davantage agro-pastoral, avec le score d'élevage le plus élevé (3,69) et un score agricole de 7,41. À l'inverse, des quartiers comme Ambanitsena et Isoavina, avec des scores agricoles respectifs de 2,18 et 3,00, apparaissent moins diversifiés. Ces écarts confirment que les stratégies adoptées sont fortement influencées par les conditions territoriales locales. Les analyses factorielles renforcent cette lecture. L'AFM montre une structuration des ménages selon leurs niveaux de diversification, avec 20,55 % de variance expliquée par les deux premiers axes. L'AFC met en évidence une différenciation plus marquée des quartiers selon les systèmes d'activité dominants, avec une inertie cumulée de 84,8 %. Ces résultats indiquent que les profils d'exploitation ne sont pas distribués de manière aléatoire, mais s'organisent selon des logiques territoriales et productives distinctes. La relation entre vulnérabilité mesurée et diversification constitue le principal résultat de l'étude. Les ménages à faible vulnérabilité présentent un score moyen de diversification de 20,00, contre 11,80 pour les ménages à vulnérabilité moyenne et 5,24 pour les ménages à forte vulnérabilité. Cette diminution progressive montre que la vulnérabilité mesurée est

fortement associée à la capacité des ménages à diversifier leurs pratiques. Ainsi, l'hypothèse H1 est soutenue dans sa dimension mesurée : les ménages les moins vulnérables sont ceux qui mobilisent davantage de pratiques et de ressources. Ces résultats rejoignent les approches des moyens d'existence ruraux, selon lesquelles la diversification constitue une stratégie essentielle de sécurisation face aux incertitudes [16]. Ils confirment également que les ménages ruraux combinent plusieurs activités pour réduire les risques et maintenir leurs conditions d'existence [17]. Enfin, ils s'inscrivent dans une lecture de la résilience comme capacité d'un système à absorber les perturbations tout en conservant ses fonctions essentielles [18]. Toutefois, la dimension de vulnérabilité ressentie reste à approfondir par l'intégration d'indicateurs directs de perception économique, climatique et institutionnelle. En somme, les ménages ruraux d'Ambanitsena ne constituent pas un groupe homogène. Leurs stratégies varient selon le niveau de diversification, la dotation en ressources et le quartier d'appartenance. Ces résultats plaident pour des interventions différenciées, ciblant prioritairement les ménages et territoires les moins diversifiés, afin de renforcer les capacités agricoles, l'accès aux équipements, l'élevage et les opportunités de diversification économique.

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'analyser la relation entre la vulnérabilité mesurée et les stratégies de diversification des ménages ruraux dans la Commune rurale d'Ambanitsena. Les résultats montrent que les ménages enquêtés ne présentent pas des profils homogènes : leurs systèmes d'exploitation varient selon le niveau de diversification, les ressources mobilisées, les pratiques agricoles et les quartiers d'appartenance. L'hypothèse formulée dans l'introduction, selon laquelle le niveau de vulnérabilité mesurée influence les stratégies de diversification adoptées par les ménages ruraux, est globalement vérifiée dans sa dimension mesurée. En effet, les ménages faiblement vulnérables présentent le score moyen de diversification le plus élevé, soit 20,00, contre 11,80 pour les ménages à vulnérabilité moyenne et seulement 5,24 pour les ménages à forte vulnérabilité. Cette diminution progressive indique clairement que plus la vulnérabilité mesurée augmente, plus le niveau de diversification des pratiques diminue. Les résultats confirment également le rôle central de l'agriculture et de l'élevage dans les stratégies paysannes. Le score global de diversification est très fortement corrélé au système agricole, avec une valeur de 0,95, et fortement associé à l'élevage, avec une corrélation de 0,77. L'outillage joue un rôle complémentaire, avec une corrélation de 0,43, tandis que les activités forestières et secondaires apparaissent plus spécifiques ou périphériques. Ces éléments montrent que la résilience des ménages repose principalement sur la combinaison des pratiques agricoles, de l'élevage et des ressources techniques disponibles. L'analyse territoriale montre aussi que les stratégies varient selon les quartiers. Ankadivao se distingue par des scores élevés en agriculture (9,11) et en outillage (8,64), tandis que Tsaradidy présente le score d'élevage le plus élevé (3,69). À l'inverse, des quartiers comme Ambanitsena et Isoavina, avec des scores agricoles respectifs de 2,18 et 3,00, apparaissent moins diversifiés. Ces différences confirment que la vulnérabilité et les stratégies d'adaptation sont également structurées par les conditions territoriales locales. Ainsi, les résultats permettent de conclure que la diversification constitue un indicateur pertinent de la vulnérabilité mesurée et de la capacité d'adaptation des ménages ruraux. Les ménages les plus diversifiés disposent d'un portefeuille plus large de pratiques et de ressources, ce qui peut renforcer leur résilience face aux contraintes socio-environnementales. Toutefois, l'hypothèse n'est pas encore totalement vérifiée dans sa dimension ressentie, car les variables directes de perception économique, climatique et institutionnelle n'ont pas été intégrées dans la base. En conséquence, l'étude valide principalement la relation entre vulnérabilité mesurée et stratégies adoptées, tout en ouvrant la voie à des recherches complémentaires sur la vulnérabilité perçue par les ménages ruraux.

Référence

- [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] Ellis, F. (1998) 'Household strategies and rural livelihood diversification', *The Journal of Development Studies*, 35(1), pp. 1–38.
- [3] Ellis, F. (2000) 'The determinants of rural livelihood diversification in developing countries', *Journal of Agricultural Economics*, 51(2), pp. 289–302.
- [4] Adger, W.N. (2006) 'Vulnerability', *Global Environmental Change*, 16(3), pp. 268–281.
- [5] IPCC (2022) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [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] World Bank (2022) *Poverty and Shared Prosperity 2022: Correcting Course*. Washington, DC: World Bank.
- [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 Loizides, F. and Schmidt, B. (eds.) *Positioning and Power in Academic Publishing: Players, Agents and Agendas*. IOS Press, pp. 87–90.
- [9] Anaconda (2025) *Anaconda Distribution Documentation*. Available at: [Anaconda Documentation](https://docs.anaconda.com/).
- [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] Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A. et al. (2011) 'Scikit-learn: Machine Learning in Python', *Journal of Machine Learning Research*, 12, pp. 2825–2830.
- [14] Seabold, S. and Perktold, J. (2010) 'Statsmodels: Econometric and Statistical Modeling with Python', *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*, pp. 92–96.
- [15] Escofier, B. and Pagès, J. (2008) *Analyses factorielles simples et multiples : objectifs, méthodes et interprétation*. Paris: Dunod.
- [16] Scoones, I. (1998) Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis. IDS Working Paper 72. Brighton: Institute of Development Studies.
- [17] 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.
- [18] Folke, C. (2006) 'Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses', *Global Environmental Change*, 16(3), pp. 253–267.