



HAL
open science

Rapport technique sur la caractérisation et typologie des systèmes agroforestiers mahorais. Rapport du projet agroforesterie Jéjé Forêt

Clara Husson, Isaure Combeuil, C. Coorevits, Manrifa Moustoifa-Ali, Madi Attoumani, Mathias Toquero, Flore Magnant, Grégoire Savourey, Magali Aubert, Yannick Biard, et al.

► To cite this version:

Clara Husson, Isaure Combeuil, C. Coorevits, Manrifa Moustoifa-Ali, Madi Attoumani, et al.. Rapport technique sur la caractérisation et typologie des systèmes agroforestiers mahorais. Rapport du projet agroforesterie Jéjé Forêt. CIRAD. 2023, 157 p. <hal-04732843>

HAL Id: hal-04732843

<https://hal.inrae.fr/hal-04732843v1>

Submitted on 11 Oct 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



Projet agroforesterie Jéjé Forêt

Rapport technique sur la caractérisation et typologie des systèmes agroforestiers mahorais

Husson C., Combeuil I., Coorevits C., Moustoifa Ali M., Madi Attoumani M., Toquero M., Magnant F., Savourey G., Aubert M., Biard Y., Yves D., Huat J.

Cirad UR Hortsys

05/10/2023

Table des matières

Liste des figures	5
Liste des tableaux	6
Liste des sigles	7
Remerciement	8
Introduction.....	9
I. Contexte	9
1) L'agroforesterie	9
a) Définition générale	9
b) Les services écosystémiques rendus par l'agroforesterie	10
2) L'agriculture à Mayotte	10
a) L'île de Mayotte.....	10
b) Le contexte agricole	11
3) Le jardin mahorais	12
a) Historique de l'agroforesterie à Mayotte.....	12
b) Une agriculture très diversifiée	13
c) Des systèmes multifonctionnels et résilients.....	13
d) Des problématiques qui pèsent sur la durabilité du jardin mahorais.....	14
e) Des aides agricoles limitées.....	14
II. Problématique	15
1. Emergence de l'étude.....	15
2. Le projet Jéjé Forêt.....	15
a) Objectifs du projet.....	15
b) Calendrier de travail	16
III. Matériel et Méthode	17
1. Analyse bibliographique	17
2. Analyse cartographique.....	19
3. Echantillonnage	22
4. Pré-typologie des SAFS.....	25
a) Concept	25
b) Les caractéristiques de la pré-typologie.....	25
5. Choix de la méthode.....	28
6. Inventaires floristiques	28

a)	Echelle d'analyse	28
b)	Inventaire de la strate herbacée et arbustive	34
c)	Inventaire de la strate arborée.....	34
d)	Inventaire de la biodiversité.....	35
e)	Inventaire entomologique.....	36
7.	Enquêtes.....	37
a)	Déroulé des enquêtes	37
b)	Données collectées et échelle d'étude	38
8.	Gestion des données	47
a)	Base de données des inventaires.....	47
b)	Base de données des enquêtes.....	48
c)	Base de données de l'inventaire entomologique.....	49
d)	Base de données des espèces mellifères	49
IV.	Caractérisation de la diversité des systèmes agroforestiers.....	50
1.	Objectifs et exploitation des données.....	50
2.	Des parcelles hétérogènes	51
3.	Analyse du patrimoine arboré.....	52
a)	Analyses statistiques	52
b)	Caractéristiques du patrimoine arboré	53
4)	Analyse du milieu et de la biodiversité	58
a)	Construction de l'Indice de Biodiversité Potentielle	58
b)	Analyses de la biodiversité : échelle parcelle	60
c)	Analyse biodiversité : échelle îlot.....	61
d)	Analyse du milieu	62
5)	Analyse des aspects agronomiques et économiques.....	65
a)	Fonction des productions.....	65
b)	Destination des productions	66
c)	Associations de culture	68
6)	Typologie des systèmes agroforestiers	69
a)	Indicateurs retenus pour la typologie	69
b)	Typologie à l'échelle de l'îlot.....	69
V.	Caractérisation des pratiques agricoles dans les systèmes agroforestiers.....	71
1)	Données collectées.....	71
2)	Caractérisation des pratiques.....	72
a)	Des systèmes très diversifiés et peu consommateurs en intrants.....	72
b)	Des pratiques homogènes entre les différents types de systèmes agroforestiers.....	74

c)	Des pratiques hétérogènes entre diverses formes d'agriculture.....	76
d)	Un savoir-faire agricole fortement hérité	80
VI.	Evaluation de la durabilité des SAFs.....	81
1.	Contexte	81
a)	L'organisation spatiale et fonctionnelle du jardin mahorais.....	81
b)	Mesure de la durabilité des exploitations.....	82
2.	Problématique et hypothèses	83
3.	Matériel et méthode	83
a)	Données mobilisées.....	83
b)	Evaluation des dimensions de la durabilité.....	85
c)	Caractéristiques des enquêtés	87
4.	Résultats	88
a)	Une biodiversité potentielle homogène entre les trois types d'îlots agroforestiers	88
b)	Evaluation de la durabilité individuelle et collective à l'échelle de la parcelle.....	88
c)	Evaluation de la durabilité individuelle et collective à l'échelle de l'exploitation agricole ..	94
	Conclusions et Perspectives	98
I.	Conclusion	98
a)	Atouts et limites de l'étude	98
b)	Bilan des travaux réalisés	99
II.	Perspectives pour la suite	99
	Bibliographie.....	99
	ANNEXE 1 : Pré-typologie des systèmes agroforestiers.....	105
	ANNEXE 2 : Carte des secteurs bioclimatiques, CBNM 2014	106
	ANNEXE 3 : Protocole d'inventaire de la biodiversité – cf- UICN.....	106
	ANNEXE 4 : Fichier d'inventaire des espèces herbacées et arbustives – CIRAD	107
	ANNEXE 5 : Fichier d'enquête	110
	ANNEXE 6 : Cercles de corrélation des ACP	130
	ANNEXE 7 : Test de corrélation	131
	ANNEXE 8 : Index des noms latins (liste des essences OFDM et noms vernaculaires connus).....	134
	ANNEXE 9 : Liste du classement des essences arborées forestières utilisé pour la typologie.....	135
	ANNEXE 10 : Scorage utilisé pour le calcul de l'IBP à l'échelle de la parcelle	137
	ANNEXE 11 : Scorage utilisé pour le calcul de l'IBP à l'échelle de l'îlot.....	139
	ANNEXE 12 : Figures graphiques de l'analyse de durabilité des SAFs.....	140
	ANNEXE 14 : Quantification de la liaison entre le type d'agroforesterie à l'échelle parcelle et les pratiques agricoles réalisées	149

Liste des figures

Figure 1 : Calendrier de l'étude avec les périodes et les actions associées	Erreur ! Signet non défini.
Figure 2 : Répartition de la couverture arborée des parcelles inventoriées en fonction du type de milieu.....	24
Figure 3 : Variables relevées lors de l'inventaire de biodiversité.....	36
Figure 4 : Schématisation des données collectées et leur échelle.....	38
Figure 5 : Schématisation des données collectées pour évaluer les performances agronomiques des SAFs	40
Figure 6 : Schématisation des données collectées pour évaluer les performances économiques des SAFs	42
Figure 7 : Schématisation de la méthode générale d'Analyse de Cycle de Vie.....	43
Figure 8 : Schématisation des données collectées pour évaluer les performances environnementales des SAFs.....	46
Figure 9 : Nombre d'îlots en fonction de la surface des parcelles (Combeuil I., 2022).....	51
Figure 10 : Nombre de parcelles agroforestières par catégorie de surface (Magnant F. 2023)	52
Figure 11 : Effectifs d'îlots en fonction de la densité de tiges par hectare (Magnant F., 2023)	53
Figure 12 : Nombre d'îlots par classe de surfaces terrières (Magnant F., 2023)	54
Figure 13 : Nombre d'îlots dans chaque intervalle de couverture arborée (Magnant F., 2023)	54
Figure 14 : Graphique des individus de l'ACP sur le patrimoine arboré (Magnant F., 2023).....	55
Figure 15 : Histogramme des scores obtenus à l'IBP pour chaque parcelle en fonction du milieu (Magnant F., 2023)	60
Figure 16 : Score obtenu à l'IBP en fonction du type de SAF (Magnant F., 2023)	61
Figure 17 : Boxplot des densités de tiges par hectare en fonction du milieu (Magnant F., 2023)	62
Figure 18 : Pourcentage d'îlots contenant la culture pour chaque type de milieu (Magnant F., 2023).....	63
Figure 19 : Nombre d'îlots pour chaque indice de couverture arborée en fonction du milieu (Magnant F., 2023).....	63
Figure 20 : Pourcentage d'îlots contenant la culture pour chaque milieu (Magnant F., 2023)	64
Figure 21 : Indice de Shannon pour les espèces spontanées toute strate confondue en fonction du milieu (Magnant F., 2023)	65
Figure 22 : Destination des productions	68
Figure 23 : Nombre d'agriculteurs pratiquant (« oui ») ou non (« non ») les différentes activités agricoles étudiées dans les SAFs	72
Figure 25 : Proportion des parcelles de type 1 ou 2 ayant recours ou non aux diverses pratiques étudiées.....	75
Figure 24 : Pourcentage de parcelles ayant recours aux diverses pratiques étudiées selon le type d'agroforesterie majoritaire.....	75
Figure 26 : Nombre d'enquêtés ayant reçu au moins une formation agricole	80
Figure 27 : Nombre de formation suivies en fonction des thèmes.....	81
Figure 28 : Graphique des variables quantitatives de l'analyse de données mixtes à l'échelle de la parcelle et du graphique des corrélations.....	142
Figure 29 : Graphique des variables qualitatives de l'analyse de données mixtes à l'échelle de la parcelle	143
Figure 30 : Graphique des individus de l'analyse de données mixtes à l'échelle de la parcelle.....	144
Figure 31 : Graphique des variables quantitatives de l'analyse de données mixtes à l'échelle de l'exploitation.....	146

Figure 32 : Graphique des variables qualitatives de l'analyse de données mixtes à l'échelle de l'exploitation.....	147
Figure 33 : Graphique des individus de l'analyse de données mixtes à l'échelle de l'exploitation	148

Liste des tableaux

Tableau 1 : Le recensement agricole en quelques chiffres (DAAF Mayotte, 2021)	12
Tableau 2 : Classement et analyse des ressources documentaires	17
Tableau 3 : Indicateurs de performances agronomiques.....	17
Tableau 4 : Indicateurs de performances économiques	18
Tableau 5 : Indicateurs de performances environnementales	19
Tableau 6 : Classement de la couverture arborée des peuplements de feuillus selon l'OCSGE 2016..	20
Tableau 7 : Nombre d'agriculteurs enquêtés selon les instituts ayant participé à l'échantillonnage ..	22
Tableau 8 : Nombre et répartition des parcelles agroforestières inventoriées.....	24
Tableau 9 : Caractérisation du type de milieu.....	28
Tableau 10 : Caractérisation de l'accessibilité de la parcelle	29
Tableau 11 : Classe de couleur des sols (issu du rapport stage de I. Combeuil, 2023).....	32
Tableau 12 : Liste des données collectées pour l'analyse environnementale des SAFs	43
Tableau 13 : Première ébauche des trois types de SAF (Magnant F., 2023).....	56
Tableau 14 : Fixation des seuils de densité et de couverture pour les trois types de SAF (Magnant F., 2023).....	56
Tableau 15 : Ajout de l'indicateur essences forestières dans la typologie des SAFs (Magnant F., 2023)	57
Tableau 16 : Résumé des indicateurs de patrimoine arboré retenus pour la typologie (Magnant F., 2023).....	57
Tableau 17 : Variables utilisées pour l'analyse de la biodiversité à l'échelle de la parcelle (Magnant F., 2023).....	59
Tableau 18 : Liste des variables utilisées pour l'analyse de biodiversité à l'échelle de l'îlot (Magnant F., 2023).....	60
Tableau 19 : Moyenne des scores obtenus à l'IBP pour chaque type de SAF (Magnant F., 2023)	61
Tableau 20 : Pourcentage de chaque type de SAF (en % d'îlots) dans chaque milieu (Magnant F., 2023).....	65
Tableau 21 : Principales fonctions des productions dans les SAFs	66
Tableau 22 : Nombre d'exploitants enquêtés allouant principalement ses productions à la vente ou à l'autoconsommation par type de production	66
Tableau 23 : Nombre d'exploitants enquêtés allouant principalement ses productions aromatiques à la vente ou à l'autoconsommation.....	67
Tableau 25 : Associations de culture principales	68
Tableau 26 : Liste des pratiques étudiées	71
Tableau 27 : Nombre d'espèces exploitée au sein d'un jardin mahorais.....	72
Tableau 28 : Fertilisants utilisés et cultures cibles	74
Tableau 29 : Répartition du nombre de parcelles et d'agriculteurs en agroforesterie et non agroforesterie parmi les agri-référents.....	76
Tableau 30 : Indicateurs utilisés pour l'évaluation de la durabilité du jardin mahorais	86
Tableau 31 : Caractérisation des exploitants enquêtés	88

Tableau 32 : Valeur ajoutée brute moyenne selon la stratégie de production principale à l'échelle de la parcelle 89

Liste des sigles

CAPAM : Chambre d'Agriculture, de la Pêche et de l'Aquaculture de Mayotte

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

COOPAC : Coopérative Agricole du Centre

DAAF : Direction de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt

DRTM : Direction des Ressources Terrestres et Maritimes

IBP : Indice de Biodiversité Potentielle

MNE : Mayotte Nature Environnement

OFDM : Orientations Forestières de Mayotte

PAPAM : Plantes à Aromatiques à Parfum et Médicinales

SAF : Système AgroForestier

SAU : Surface Agricole Utile

SRF : Service des Ressources Forestières

Cf-UICN : Comité Français de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature

Remerciement

J'adresse tout d'abord mes remerciements aux 29 exploitants agricoles qui ont accepté de nous recevoir et de nous consacrer (beaucoup) de leur temps dans le cadre de cette étude. Aucun résultat n'aurait été possible sans eux, je les remercie donc sincèrement.

Je remercie bien évidemment Joël pour son encadrement et son dynamisme qui a été moteur pour la coordination de ce projet.

Je remercie l'équipe du SISE de la DAAF Mayotte et plus particulièrement Dhinou, Hamidou et Boussouri ainsi que l'équipe du SRF, notamment Mohamed, Ismaël, Aïcha, Moussa, Alhadurina, Ahamadi pour m'avoir aidé à préparer les enquêtes de production et m'avoir transmis le contact d'agriculteurs référents. Un grand merci à Cristine pour m'avoir accompagnée dans la traduction des enquêtes et aussi pour avoir tenté de m'apprendre le Shimaoré. Vous m'avez appris beaucoup sur les pratiques agricoles, la reconnaissance des principales espèces cultivées et plus généralement sur la culture mahoraise.

Je remercie l'équipe de terrain composée de Manrifa et Charlotte du cf-UICN, Isaure du Cirad, Moidjoumoi et Mathias de la DRTM pour leur énergie dans nos longues journées d'inventaire. Votre appui nous a permis de collecter des informations nombreuses et précises sur les systèmes agroforestiers (SAFs) sans lesquelles nous n'aurions pu construire une typologie.

Je remercie Joël, Grégoire, Flore et Magali pour le travail que nous avons mené ensemble sur la caractérisation des SAFs. Les échanges que nous avons eu ont été très constructifs.

Je remercie, Toufa, Siti et Mohamed de la DRTM pour leur appui sur certaines actions du projet.

Je remercie, Ahmed, David, Kévin et Cécile pour avoir participé activement aux ateliers organisés et pour avoir porté une partie de nos résultats dans la constitution du jeu Jéjé Forêt.

Je remercie Lucile et Maïmouna, animatrices du réseau RITA Mayotte, pour leur aide sur les actions de transfert.

Un grand merci à l'ensemble de l'équipe du CIRAD Mayotte qui m'a souvent aidé à avancer et qui était présente dans les moments les plus intenses. Je remercie également mon équipe HORSTYS pour leur accueil et tout particulièrement à Yannick Biard pour l'initiation à l'ACV qu'il m'a enseigné et que j'espère pouvoir mobiliser dans mes futures projets.

Introduction

A Mayotte, l'agriculture occupe une place dominante puisqu'elle concerne près d'un quart de la population d'après le recensement agricole de 2010 (DAAF Mayotte, 2011). Elle est principalement représentée par des petites exploitations qui cultivent des parcelles très diversifiées appelés « jardin mahorais », organisé sous la forme d'un système agroforestier. En effet, le jardin mahorais occupe environ 90% de la Surface Agricole Utile (SAU) du territoire (DAAF Mayotte, 2021). Ces systèmes traditionnels principalement vivriers à destination de l'autoconsommation des ménages alimentent l'île en fruits à légumes à hauteur de 80% des besoins de la population (DAAF Mayotte, 2016). De plus, le jardin mahorais est écologiquement intéressant car il requière peu d'intrants, et est peu mécanisé. Toutefois, ces systèmes font face à des pressions croissantes : explosion démographique, utilisation des terres saturée avec la pression foncière existante, abandon de la jachère, déforestation progressive, etc. Ces phénomènes pèsent sur la capacité du jardin mahorais à nourrir une population de plus en plus nombreuse. Des problématiques d'érosion des sols accentuent la dégradation progressive des sols et les rendements de certaines cultures comme la banane ou le manioc ont fortement chuté depuis 20 ans. Une intensification agro-écologique de ces systèmes, respectueuse de l'environnement, s'impose comme une nécessité environnementale, sociale et économique. L'élaboration d'une charte agro-écologique de préservation et de valorisation des services écosystémiques et des multiples fonctions de ces espaces agro-forestiers par les acteurs agricoles, dont les agriculteurs, est un outil pour promouvoir leur intensification écologique. Dans cette perspective, le projet se propose de caractériser la diversité et les performances socio-économiques et agro-environnementales des systèmes agroforestiers et de consolider les services systémiques de ces espaces boisés par le renforcement d'arbres utiles dans ces espaces. En outre, il offrira des leviers pour une intensification agro-écologique de ces systèmes et une plus large reconnaissance officielle de la diversité des services rendus par ces espaces (Huat, 2022).

I. Contexte

1) L'agroforesterie

a) Définition générale

L'agroforesterie a été développée en 1977 par des forestiers canadiens qui ont utilisé pour la première fois le terme « agroforestry » pour exprimer l'importance de s'inspirer des systèmes de culture intégrant la foresterie pour préserver les forêts tropicales (Torquebiau, 2010). Si le terme est récent, en pratique, l'agroforesterie est bien plus ancienne, pratiquée sur tous les continents et sous diverses formes (agroforêt, culture sous couvert, agroforesterie animale, agroforesterie successive, etc.). Par conséquent, il existe diverses définitions de l'agroforesterie selon que l'on s'intéresse principalement à sa structure, ses fonctions ou encore aux services environnementaux que cette agriculture confère. Toutes les définitions existantes concourent toutefois à décrire l'agroforesterie comme étant une association d'espèces végétales ligneuses avec des cultures exploitées et/ou des animaux. Selon le World Agroforestry Center (ICRAF), "l'agroforesterie comprend tous les systèmes et pratiques d'utilisation des terres, dans lesquels des plantes ligneuses pérennes sont cultivées sur des parcelles également exploitées pour des productions agricoles ou animales, qu'il s'agisse d'une association spatiale ou temporelle. Il doit exister des interactions significatives d'ordre écologique et économique entre les éléments ligneux et non ligneux." Le fait qu'il n'y ait pas de définition précise de l'agroforesterie et qu'elle puisse prendre plusieurs formes, amène à se demander dans différents contextes/localités :

- Quelle forme prend l'agroforesterie ?
- Quelles sont ses fonctions ?
- Quelles sont ses spécificités ?
- Qu'est-ce qui distingue l'agroforesterie d'autres formes d'agriculture ?

Ces questions sont communes à de nombreux projets visant à caractériser l'agroforesterie (Eveno, 2021 ; Rey, 2019 ; Moriaque Akplo et al., 2019) et ont également fait l'objet de réflexions dans notre projet.

b) Les services écosystémiques rendus par l'agroforesterie

Divers travaux scientifiques ont montré que les systèmes agroforestiers sont l'une des meilleures options pour atténuer les impacts environnementaux, et en même temps améliorer les conditions de vie des petits agriculteurs dans les zones rurales ((Jose, 2009); (Jamnadass *et al.*, 2013); (Duffy *et al.*, 2017)). En effet, les systèmes agroforestiers, lorsque certaines conditions sont vérifiées, fournissent de nombreux services écosystémiques à la fois pour le producteur (amélioration de la qualité des produits, amélioration de la fertilité du sol, contrôle des pathogènes ravageurs, etc.) mais aussi plus largement à la société (amélioration de la gestion des risques naturels, atténuation du changement climatique, protection des aquifères, etc.) (Dupraz C., 2018). Notons toutefois, qu'il existe un fragile équilibre entre les différentes espèces qui se côtoient au sein d'un système agroforestier avec des phénomènes dynamiques de compétition et de complémentarité. Par conséquent, les services de production ou de protection conférés par les systèmes agroforestiers dépendent de certains facteurs. A titre d'exemple, la fonction de « soutien des populations de pollinisateurs » n'est valable que dans le cas où la biodiversité au sein de la parcelle est importante. De même, pour « améliorer de la qualité la production », l'agriculteur devra gérer l'ombrage avec précision pour éviter un risque de perte de rendement. Sans compter que des activités telles que l'abattage des arbres, le brûlis, la fertilisation soutenue des sols agricoles ou l'élevage peuvent conduire à la perte d'habitats, l'érosion des sols et celle de la biodiversité (Duffy *et al.*, 2017 ; (Huat, 2022)).

Ainsi, les systèmes agroforestiers sont particulièrement complexes à la fois sur le plan structurel via leur diversité, et fonctionnel via les multiples services et dyservices auxquels ils peuvent répondre. Se saisir de ces systèmes est tout aussi compliquée dans la mesure où évaluer ces services écosystémiques reste une difficulté méthodologique et les résultats demeurent toujours très localisés (Dupraz C., 2018)

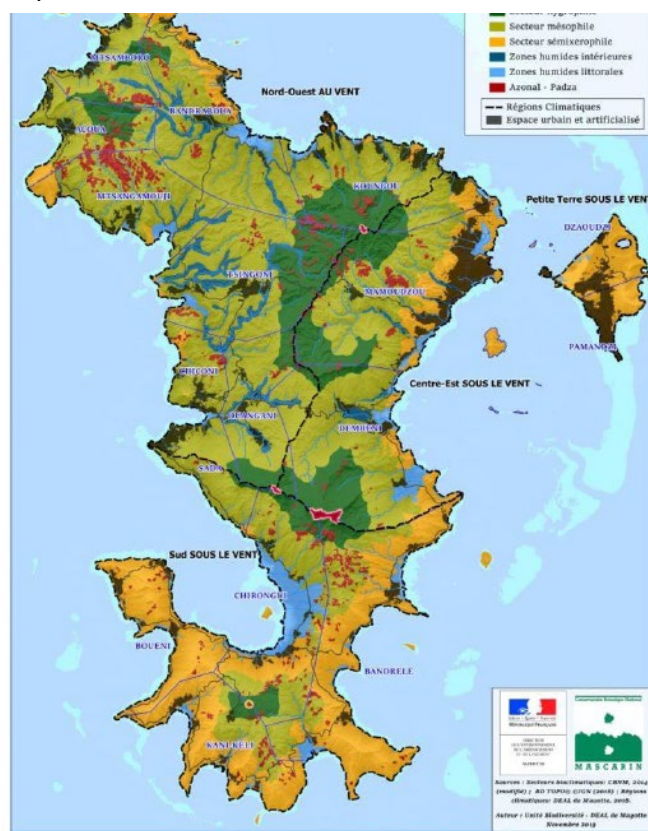
2) L'agriculture à Mayotte

a) L'île de Mayotte

Mayotte est un département d'Outre-Mer français depuis 2011 et appartient aux quatre îles qui constituent l'archipel des Comores (Anjouan, Grande Comores, Mohéli et Mayotte). Mayotte est un petit archipel volcanique de 74 km² localisé dans l'hémisphère Sud entre le Canal du Mozambique et Madagascar. Mayotte se situe notamment à 67km d'Anjouan (île la plus proche) et 300 km de Madagascar (Préfecture de Mayotte, 2018).

Mayotte est constitué de deux îles principales Grande-Terre et Petite-Terre et de petits îlots parsemés dans un lagon qui s'étend sur 1 500 km² (Préfecture de Mayotte, 2018). Il s'agit de l'île la plus ancienne de l'Archipel des Comores et sa formation daterait de plus de 8 millions d'années. L'île culmine à 660 mètres et possède un relief accidenté avec des sols sensibles à l'érosion, exacerbée par certaines pratiques agricoles (déforestation, brûlis, etc.). Elle bénéficie d'un climat tropical avec une saison sèche d'Avril à Novembre et une saison des pluies de Décembre à Avril avec deux périodes de transition. La pluviométrie varie de 900 à 2 300mm/an avec un gradient de pluviométrie décroissant du Nord au Sud. Les températures quant à elles varient de 20 à 25°C en saison sèche et de 27 à 31°C en saison des pluies (Marzin *et al.*, 2021). Les espaces cultivés sont présents sur l'ensemble du territoire. Les surfaces boisées couvrent 28% du territoire (10 500ha), les surfaces agricoles 53% (20 000ha), les surfaces artificialisées 12% (4 500 ha) et les espaces naturels 6% (2 400ha) (Agreste Mayotte, 2018).

Cartographie 1 : Carte des secteurs bioclimatiques de Mayotte



Historiquement Mayotte aurait été peuplée par des populations Bantoues entre le V^{ème} et VIII^{ème} siècle. Jusqu'au XIII^{ème} siècle, les échanges commerciaux ont fluctué entre l'Archipel des Comores, Madagascar et l'Afrique. Par la suite, les invasions arabes ont contribué à importer la culture swahilie et la religion musulmane à Mayotte. Vers le XV^{ème} siècle, les premiers européens (portugais et Français) sont arrivés à Mayotte et se sont servi de cette île comme point de ravitaillement sur la route des Indes. En 1841, le sultan Andriantsouli a cédé Mayotte à la France afin de protéger l'île des attaques comoriennes. À partir de 1886, la France a étendu son protectorat sur les trois autres îles comoriennes. En 1946, l'archipel des Comores est devenue officiellement Territoire d'Outre-Mer français. En 1974, suite à un référendum, Mayotte a émis la volonté de rester française alors que les 3 autres îles comoriennes sont devenues indépendantes. En 2009, un second référendum a énoncé la volonté du peuple mahorais que Mayotte devienne département français. Ainsi en 2011, Mayotte est devenu un département d'outre-mer puis en 2014, elle a accédé au statut de région ultra périphérique de l'Union Européenne (Préfecture de Mayotte, 2018).

Aujourd'hui, Mayotte est la région d'Outre-Mer la plus peuplée de France avec près de 310 000 habitants au 1^{er} Janvier 2023 avec une densité de population de l'ordre de 700 habitants/km² (INSEE, 2023). Notons également que la moitié de la population a moins de 18 ans. Selon des enquêtes conduites en 2022, le taux de chômage est en augmentation et s'élèverait à 34% (INSEE Réunion-Mayotte, 2023).

b) Le contexte agricole

A Mayotte, l'agriculture est une activité prédominante qui compte 4 300 exploitations qui valorisent 6 000 ha de surface agricole utile (DAAF Mayotte, 2021). Les exploitations mahoraises sont

particulièrement petites dont 20% possèdent entre 0.3 à 0.6 ha. Une exploitation sur deux dispose de moins de 1ha et seules 10% d'entre elles exploitent plus de 3ha. Environ 2 500 familles, pratiquent une

Tableau 1 : Le recensement agricole en quelques chiffres (DAAF Mayotte, 2021)

	2020
Exploitations	4 315
Exploitations sous statut individuel	4 285
Exploitations en agriculture biologique ¹	22
Exploitations vendant en circuit court ²	4 298
Chefs d'exploitation, coexploitants et associés actifs (nombre de personnes)	4 320
Part des chefs d'exploitation, coexploitants et associés actifs ayant 60 ans ou plus	43 %
Part des femmes parmi les chefs d'exploitation, coexploitants et associés actifs	48 %
Travail agricole (ETP) ³	6 231
Actifs agricoles	9 030
SAU totale (ha)	6 000
dont Jardins Mahorais	5 400
dont bananes	2 200
tubercules	1 300
fruits	1 500
autres (PAPAM ...)	400
SAU moyenne (ha) ⁴	1,4
Cheptel (millier d'UGB)	10 900

1. Certifiée ou en conversion (cahier des charges officiel).

2. Fleurs et plantes exclues en 2010.

3. Hors prestations de service (ETA, Cuma...).

4. Y compris exploitations sans SAU.

Champ : Mayotte, hors structures gérant des pacages collectifs.

Source : Agreste - Recensement agricole (résultats provisoires)

agriculteur vivrière sur une surface comprise entre 1 100 et 1 500 ha (DAAF Mayotte, 2021).

L'agriculture est dominée par des micro-exploitations (3 402 recensées en 2020, soit 80%) et occupent la moitié de la SAU totale du département et représentent 50% du temps de travail total.

Alors qu'en métropole, l'arbre est largement prôné dans l'agriculture sous diverses formes (haies, alignements, arbres dispersées, etc.), l'arbre fait partie intégrante de l'agriculture mahoraise depuis bien longtemps au travers du « jardin mahorais ». Ces systèmes vivriers et traditionnels sont organisés sous la forme de systèmes agroforestiers. Ils représentent deux tiers des exploitations agricoles mahoraises. Plus de 30% des exploitations sont spécialisées en polyculture, polyélevage et moins de 3% sont spécialisées sur d'autres types de culture (maraîchage, élevage, aviculture, etc.) (DAAF Mayotte, 2021). Une autre singularité de l'agriculture mahoraise repose sur le fait qu'il y a une importante main d'œuvre familiale permanente. Celle-ci représente plus de 60% des ETP devant les salariés permanents non familiaux. La population agricole est particulièrement vieillissante (âge médian pour les femmes de 56 ans et de 59 pour les hommes) ce qui constitue une problématique quant au renouvellement des chef(fe)s d'exploitation (DAAF Mayotte, 2021).

3) Le jardin mahorais

a) Historique de l'agroforesterie à Mayotte

Traditionnellement le jardin mahorais est conçu sur la base d'une agriculture itinérante sur brûlis. A l'origine, ce sont des pêcheurs et agriculteurs Bantous qui pratiquaient l'abattis-brûlis et auraient

introduit la culture de la banane, le riz et l'arbre à pain (Mitais, 2019). A partir du XII^{ème} siècle, l'élevage bovin a profondément changé le système agricole, principalement basé sur la culture de riz (Pauly, 2011). Puis, durant la période coloniale (1841-1974), une première phase de culture intensive de canne à sucre (1845-1910) a fait émerger des systèmes métayers et d'agriculture familiale malgré les mauvaises conditions pédoclimatiques pour ce système (Rey, 2019). Par la suite et jusqu'en 1930, des plantations plus diversifiées se sont développées avec la culture d'ylang-ylang, la vanille, le cacao etc. (Allaoui, 1999). A partir de 1930, le démantèlement de grands domaines agricoles a débuté et les grandes plantations ont régressé tandis que les systèmes agricoles diversifiés et familiaux se sont maintenus (Losch et Sourisseau, 2002a). A partir des années 1960, trois principaux systèmes de culture ont perduré : l'ylang-ylang, la vanille ainsi que le riz en association avec le maïs. Après un abattis-brûlis sur une friche forestière, les agriculteurs implantaient aux premières pluies la culture de riz en association avec le maïs semé en poquet. En bordure de parcelle, des cultures fruitières et maraîchères étaient installées également comme du pois, des courges, des ananas, des patate douces et des arbres fruitiers (Li et Petit, 2015). Après la culture de riz succédait la culture à dominante de banane ou de manioc. Aujourd'hui, le mode de culture traditionnel mahorais repose toujours sur le principe d'abattis-brûlis : la mise en culture se fait successivement sur plusieurs parcelles où on mélange les productions sous un couvert d'arbres utiles (fruitiers). Ce mode de mise en culture a été désigné comme le « jardin mahorais » (Lazerge, 2012).

b) Une agriculture très diversifiée

Le jardin mahorais est une micro-exploitation organisée sous la forme de système agroforestier multi-strates, avec une forte diversité d'associations culturales sur de petites surfaces de 0.9ha en moyenne (DAAF Mayotte, 2021) - en comparaison des micro-exploitations présentes dans l'hexagone de 12 ha en moyenne (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire, 2022), ou encore à La Réunion de 6.2 ha en moyenne (DAAF La Réunion, 2021). Il couvre néanmoins 90% de la surface agricole utile du territoire (DAAF Mayotte, 2021) et dégage un produit brut standard inférieur à 25 000 €/an (DAAF Mayotte, 2021). La couverture arborée est variable et généralement plus dense au pourtour des réserves forestières avec des cultures ombrophiles (vanille, poivre, gingembre, etc.) qui nécessitent pour la plupart d'être transformées avant d'être consommées. Les jardins mahorais à la couverture arborée plus clairsemée se retrouvent sur l'ensemble de l'île et sont fréquemment composés d'espèces alimentaires appréciant la lumière comme les agrumes, l'ananas, le manioc, les cultures maraîchères, les bananiers, etc. (Marzin et al., 2021) Dans le jardin mahorais, l'agriculture est basée sur des pratiques traditionnelles principalement manuelles et peu consommatrices d'intrants.

c) Des systèmes multifonctionnels et résilients

Le jardin mahorais comprend une diversité de modes d'usage, de cultures et de statuts de parcelles (Losch et Sourisseau, 2002b). Il a cependant une fonction principalement vivrière destinée à l'autoconsommation (Gutjahr *et al.*, 2021) et apporte un complément de revenu via la vente de certains produits agricoles. Cette agriculture permet d'autoalimenter sa population en fruits et légumes frais à hauteur de 80% des besoins (DAAF Mayotte, 2016). Ces systèmes en polyculture sont productifs toute l'année et les productions vendues alimentent en majorité les circuits de commercialisation informels (moins d'1% des récoltes se retrouvent dans les circuits de commercialisation formels (SISE-DAAF Mayotte, 2018).

Le jardin mahorais participe donc activement à la subsistance alimentaire de l'île mais est aussi un modèle agricole vertueux sur le plan environnemental. En effet, les arbres confèrent une résistance au stress hydrique et à la sécheresse, ils contribuent à lutter contre l'érosion, ils limitent les attaques

parasitaires et les traitements phytosanitaires sont faibles dans ces systèmes (DAAF Mayotte, 2018). De plus, le jardin mahorais reçoit peu d'intrants et est peu mécanisé. En effet, à la différence du jardin créole, il est géré sans apport d'intrant chimique de synthèse par exemple (Sardou *et al.*, 2014). En ce sens, il se distingue fortement de l'agriculture en France métropolitaine ou de son voisin Réunionnais où la majorité des micro-exploitations sont spécialisées vers la canne à sucre, la maraîchage ou en encore la production fruitière (DAAF La Réunion, 2021) et requièrent davantage d'intrants et d'outillage. De plus, dans ces contextes, l'agriculture est raisonnée en faveur d'une valorisation des productions marchandes avec une organisation spatiale et temporelle structurée. Contrairement à ces systèmes, le jardin mahorais a une disposition spatiale et temporelle à caractère aléatoire qui pose encore question (Rey, 2019). Enfin, l'agriculture occupe une fonction sociale importante car il y a un profond attachement aux parcelles familiales (Gutjahr *et al.*, 2021) qui sont aussi souvent des lieux de partage et de transmission des savoir-faire.

d) Des problématiques qui pèsent sur la durabilité du jardin mahorais

Actuellement les conséquences négatives de la gestion des terres agricoles sont inquiétantes. D'une part, le fort accroissement démographique de la population (En 2017, 256 000 habitants étaient comptés sur le département de Mayotte, avec une hausse de 3.8% par an entre 2012 et 2017 (INSEE, 2023)) et l'accessibilité aux terres souvent difficile, accentuent la pression foncière sur le territoire. Par conséquent, l'espace naturel est grignoté petit à petit par les zones agricoles. 913.17 ha, soit près de 6% des zones naturelles sont devenues des zones agricoles entre 2011 et 2016. D'autre part, la population agricole est vieillissante et les nouvelles générations tendent davantage à spécialiser leur production vers la culture de la banane ou du manioc. Ce phénomène participe à réduire la jachère traditionnellement pratiquée et contribue à l'épuisement et à l'érosion des sols ainsi qu'à une forte chute des rendements depuis une vingtaine d'années (Chabalier, 2006).

e) Des aides agricoles limitées

Actuellement, l'agroforesterie à Mayotte peut être soutenue par plusieurs types d'aides financières. Néanmoins, ce soutien reste faible de la part des politiques publiques en raison d'un manque de référentiels techniques qui définissent et valorisent la diversité de ces systèmes.

D'une part, via le premier pilier de la Politique Agricole Commune (PAC), le Programme d'Options Spécifiques à l'Eloignement et à l'Insularité (POSEI) offre une aide surfacique pour la production végétale avec une majoration pour les cultures d'ylang-ylang et de vanille (86 300€ décerné pour l'ylang-ylang et 22 800€ en 2021 sur plus de 8 millions d'euros toutes aides POSEI confondues (DAAF Mayotte, 2022a). Ces cultures sont souvent pratiquées en agroforesterie, toutefois, elles restent minoritaires sur le territoire ce qui fait que cette aide est peu inclusive en termes de valorisation de jardin mahorais.

D'autre part, des aides financières à l'agroforesterie sont prévues pour soutenir les mesures agro-environnementales dans le Plan de Développement Rural actuellement en vigueur à Mayotte, notamment via les mesures 10.1 « **Maintien des systèmes de cultures arborées** », et la mesure 8.2 « **Mise en place et entretien des espaces boisés** ». Toutefois, ces mesures ne sont pas encore applicables au regard des conditions contraignantes qu'elles requièrent (nécessité d'avoir un cahier de suivi de l'exploitation, un diagnostic agro-environnemental de l'exploitation et une AOT pour la mesure 10.1 etc.), mais aussi de la définition qui est donnée de l'agroforesterie (la mesure 8.2 exclut les espaces à vocation agricole).

Enfin, si les performances des exploitations agricoles dans l'hexagone sont régulièrement évaluées et bien maîtrisées, ce n'est pas le cas à Mayotte qui présente une réalité très mal connue (Losch et Sourisseau, 2002). De plus, en matière d'agriculture, les actions restent largement orientées sur

l'augmentation de la production par le développement des infrastructures et l'amélioration des techniques (objectif de modernisation) (Losch et Sourisseau, 2002b), comme c'est le cas aussi chez son voisin réunionnais. Or, L'agriculture mahoraise ne rentre pas dans les schémas classiques de développement de l'agriculture (Deffontaines, 2013). A Mayotte, les surfaces vivrières représentent 90% des surfaces cultivées (DAAF Mayotte, 2011) et l'agriculture professionnelle, selon les critères nationaux et européens, ne représenterait que 200 exploitations sur l'île (DAAF Mayotte, 2014). Par ailleurs, les dynamiques collectives dans l'agriculture mahoraise sont nombreuses et reposent sur des règles informelles. Ce phénomène fait donc souvent rupture avec les dynamiques initiées par les administrations agricoles où les règles formelles sont souvent peu appropriées au contexte (Losch et Sourisseau, 2002b).

Par conséquent, ces axes de développement ne tiennent pas compte des spécificités l'agriculture mahoraise. De plus, ils ne permettent pas de répondre à certaines contraintes concrètes sur le territoire comme la difficulté d'accès des parcelles, les vols importants, l'instabilité foncière, etc.

II. Problématique

1. Emergence de l'étude

Au regard du contexte, une intensification agro-écologique de ces systèmes, respectueuse de l'environnement, s'invite comme une nécessité environnementale, sociale et économique. L'élaboration d'une charte agro-écologique de préservation et de valorisation des services écosystémiques de ces espaces agro-forestiers par les acteurs agricoles, dont les agriculteurs, est l'une des étapes vers leur reconnaissance officielle et pour promouvoir leur intensification écologique. Globalement, peu d'études ont donc été réalisées jusqu'ici à Mayotte pour bien comprendre le fonctionnement de ce type de système, évaluer ses performances agro-économiques, sociales et environnementales, les impacts environnementaux et tous les services rendus. La production de références partagées sur ce type de système et les trajectoires des exploitations contribuerait à bien définir, d'une part les marges de manoeuvre pour une intensification agro-écologique de ce type de système face à une population en forte croissance sur un territoire exigu et, d'autre part pour une meilleure reconnaissance officielle et valorisation des services écosystémiques que ce système fournit au territoire.

2. Le projet Jéjé Forêt

a) Objectifs du projet

Le projet Jéjé Forêt cherche ainsi à répondre à cinq objectifs spécifiques :

- Mieux connaître la diversité des systèmes agroforestiers et leurs performances agro-environnementales et socio-économiques ;
- Elaborer une charte agro-écologique pour la reconnaissance et valorisation des multiples fonctions du jardin mahorais ;
- Eclairer les politiques publiques pour un soutien technique et financier à ces agrosystèmes complexes ;
- Inciter la production agroforestière par la mise en place conditionnelle et le suivi de parcelles tests chez des agriculteurs et via la production et le diffusion d'outils d'aide technique et socio-économique ;

- Transférer les résultats du projet aux divers acteurs agricoles, et contribuer à la formation des conseillers agricoles et des producteurs aux bonnes pratiques de production agro-écologique en vue de leur adoption.

b) Calendrier de travail

La calendrier de l'étude se divise en 6 périodes (Tableau ?)

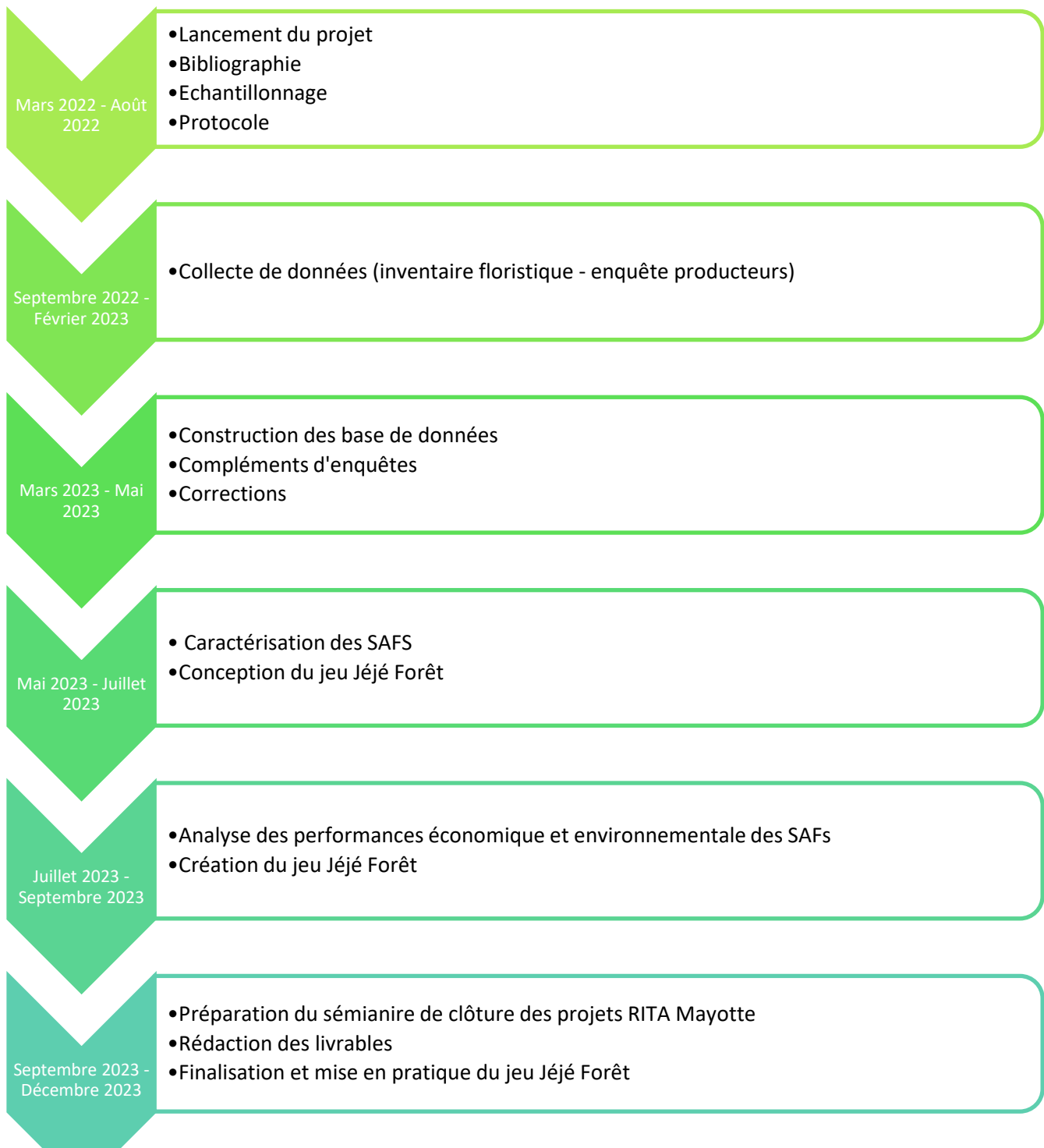


Figure 1 : Calendrier de l'étude avec les périodes et les actions associées

III. Matériel et Méthode

1. Analyse bibliographique

Une recherche documentaire a été effectuée durant environ deux mois (Avril-Mai 2022) afin de répondre aux objectifs suivants :

- Appropriation du sujet et contextualisation de l'étude
- Identification des précédents travaux réalisés sur l'agroforesterie à Mayotte
- Analyse des méthodes et variables utilisées dans d'autres contextes pour caractériser les SAFs

Tableau 2 : Classement et analyse des ressources documentaires

Auteur(s), date, titre	Méthode	Caractérisation des SAFs	Performances agronomiques	Performances économiques	Biodiversité
<i>Métadonnées</i>	<i>Méthode employée pour caractériser les SAFs</i>	<i>Principales caractéristiques qui construisent la typologie</i>	<i>Indicateurs agronomiques utilisés et variables correspondantes</i>	<i>Indicateurs agronomiques utilisés et variables correspondantes</i>	<i>Indicateurs environnementaux utilisés et variables correspondantes</i>

L'ensemble des documents qui présentaient un intérêt méthodologique en termes de caractérisation des SAFs ou d'évaluation des performances agronomiques, économiques et environnementales de systèmes productifs ont été recensés dans un tableur Excel (Tableau 1). L'objectif de ce recensement visait à rendre compte des méthodes les plus employées pour caractériser les SAFs et d'identifier les plus appropriées au contexte de Mayotte ainsi qu'à lister diverses variables couramment utilisées pour l'analyse multi-critère.

Au total 29 documents ont été analysés pour leur méthode et/ou les indicateurs d'évaluation décrits. L'ensemble des caractéristiques utilisées pour distinguer les SAFs ont été analysées numériquement pour identifier les critères les plus utilisés. Il ressort de cette analyse 3 principales caractéristiques couramment utilisées pour distinguer plusieurs formes d'agroforesterie :

- Les types de production qui composent le SAF
- Les fonctions du SAF
- La structure du système d'activité de l'exploitant agricole

Les **types de production** ainsi que les **fonctions des SAFs** ont été choisis comme critères constitutifs de la pré-typologie. La structure du système d'activité a été utilisée post-typologie pour analyser le lien potentiel entre les types de SAFs (sur le plan structurel et fonctionnel) et le système d'activité de l'exploitant. Pour ce qui concerne les performances des SAFs, plusieurs indicateurs ont été définis en fonction des indicateurs couramment utilisés dans la littérature et des données possibles de collecter auprès des exploitants à Mayotte :

Tableau 3 : Indicateurs de performances agronomiques

Indicateur(s)	Donnée(s) à collecter	Moyen	Calcul
---------------	-----------------------	-------	--------

Production	Production moyenne (en kg) de chaque produit exploité sur une année	enquête	/
Pertes	Pertes par moyennes (en kg) de chaque produit par les ravageurs/maladies sur une année	enquête	/
Vols	Pertes par moyennes (en kg) de chaque produit par les vols sur une année	enquête	/
Charge de travail	Temps moyen consacré par l'agriculteur sur sa parcelle par jour, semaine ou moi ainsi que celle de la main d'œuvre familiale et externe	enquête	(Nb d'homme/ jour) / SAU
Intensité de l'exploitation	Nombre moyen de pieds pour chaque culture exploitée	inventaire	Nombre moyen pieds / ha pour chaque culture exploitée

Tableau 4 : Indicateurs de performances économiques

Indicateur(s)	Donnée(s) à collecter	Moyen	Calcul
Part des productions autoconsommées	Quantité de produits autoconsommés/donnés/échangés (en kg) pour chaque produit	enquête	taux produits autoconsommés = (Quantité du produit autoconsommé, donné/échangé (kg) / total de la production (kg)) *100
Part des productions vendues	Quantité de produits vendu (en kg) pour chaque produit	enquête	taux produits vendus = (Quantité du produit vendu (kg) / total de la production (kg)) *100
Produit Brut	Quantité de chaque produit vendu, prix de vente producteur de chaque produit	enquête	somme pour tous les produits vendus (Quantité de produit vendu pour chaque culture * prix de vente pratiqué)
Taux de couverture des besoins alimentaires	Quantité de manioc et de banane consommée par la famille / semaine en moyenne ou par jour	enquête	(Quantité de manioc ou de banane autoconsommée par jour / Quantité de manioc ou de banane nécessaire à l'alimentation du ménage par jour (kg)) *100
Consommations intermédiaires (CI)	Somme des dépenses annuelles liées à l'achat de biens/services consommables	enquête	somme (quantité (kg) de semences ou plants achetés * prix au kg ou unitaire pour chaque

			semence) + (quantité de produits phyto achetés * prix unitaire) + (quantité d'engrais achetés * prix au kg) + services éventuels * prix pour un cycle de production
Valeur ajoutée brute par surface	/	/	(PB – CI)/SAU
Résultat Courant Avant Impôt par surface	Aides financières (PAC – POSEI)	enquête	(VAB + aides financières - charges (main d'œuvre))/SAU

Tableau 5 : Indicateurs de performances environnementales

Indicateur(s)	Donnée(s) à collecter	Moyen	Calcul
Richesse spécifique	Nombre d'espèces différentes présentes dans le système	inventaire	Nombre d'espèces différentes / SAU
Indice de Shannon (reflète la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce (Marcon, 2010))	Nombre de pieds moyen pour chaque espèce exploitée	inventaire	$H = - \sum_{s=1}^S p_s \ln p_s.$
Indice de Simpson	Nombre de pieds moyen pour chaque espèce exploitée	inventaire	$E = 1 - \sum_{s=1}^S p_s^2.$
Indice de Piélou	Nombre de pieds moyen pour chaque espèce exploitée	inventaire	$J = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H}{\ln S}$

Les sources de l'ensemble des documents étudiés sont indiqués dans la partie « bibliographie ».

2. Analyse cartographique

Identification des zones d'agroforesterie

Une analyse cartographique a été réalisé afin d'identifier la répartition des zones d'agroforesterie à Mayotte. Pour ce faire, nous avons croisées les données géoréférencés de l'OCSGE 2016 (DEAL Mayotte, 2019) et les données bioclimatiques du CBNM (CBNM, 2014). Sur les données shapefile de l'OCSGE, nous avons approché une cartographie de zones d'agroforesterie à Mayotte, à dire d'expert, en effectuant un tri à partir de la données « couverture par peuplement de feuillus » et de l' « usage

agricole » sur les données shapefile. Cette hypothèse est utilisée pour l'échantillonnage avec une distinction sur la couverture arborée comme suit :

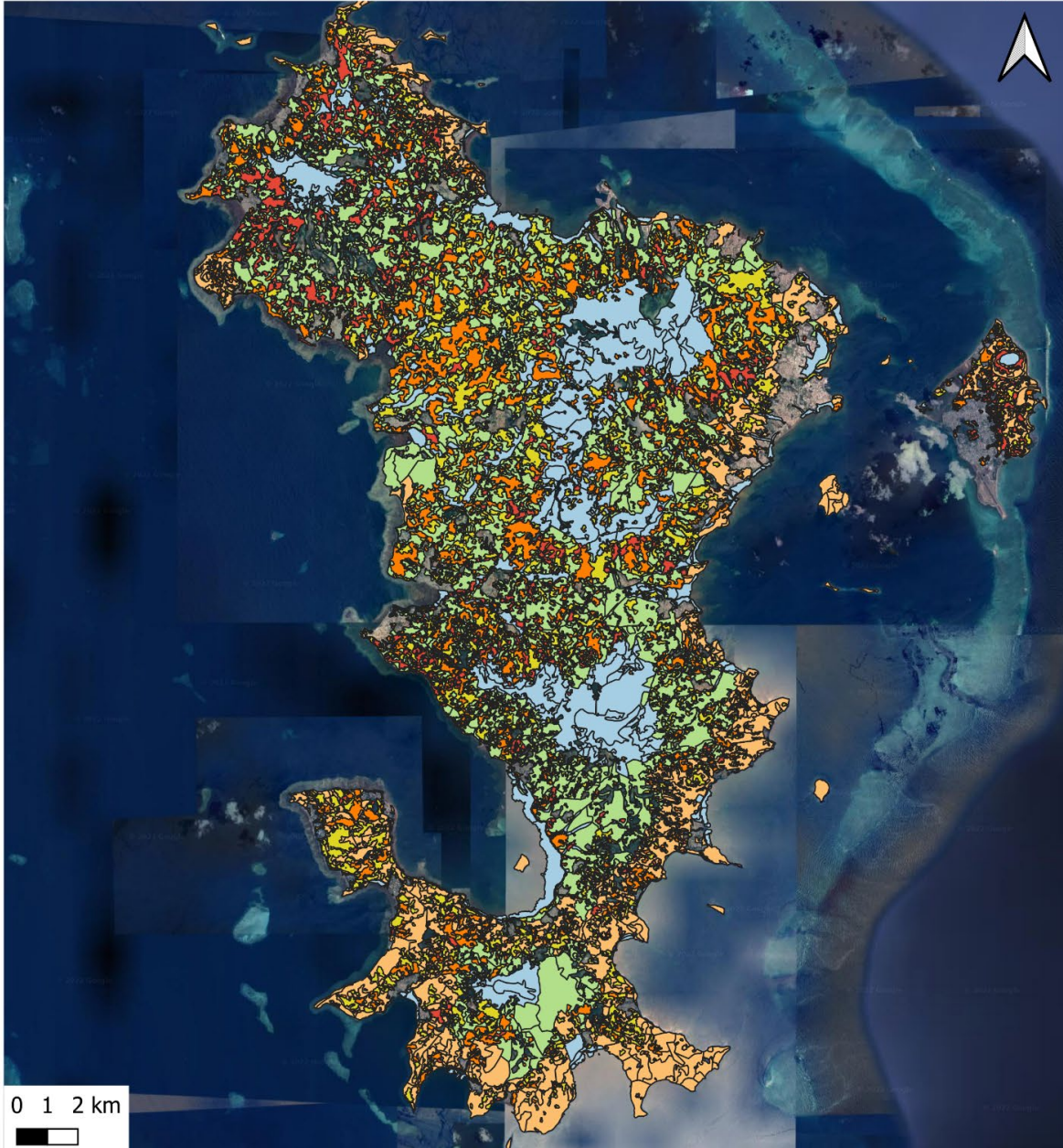
Tableau 6 : Classement de la couverture arborée des peuplements de feuillus selon l'OCSGE 2016

Peuplement de feuillus clairsemé	CS2.1.1.1.32 Peuplement de feuillus présentant un taux de couvert arboré compris entre 25 % et 50 %
Peuplement de feuillus à couvert modéré	CS2.1.1.1.33 Peuplement de feuillus présentant un taux de couvert arboré compris entre 50 % et 75 %
Peuplement de feuillus dense	CS2.1.1.1.34 Peuplement de feuillus présentant un taux de couvert arboré supérieur ou égal à 75 %

Le croisement des données de l'OCSGE et du CBNM nous ont permis d'obtenir une cartographie de la répartition des zones d'agroforesterie plus ou moins dense en arbre en fonction des secteurs bioclimatiques de Mayotte (Cartographie 2).

Cartographie 2 : Répartition des zones d'agroforesterie selon l'OCSGE 2016 et des types de milieux bioclimatiques

Parcelles agroforestières selon les différents types de milieu à Mayotte



Agroforêts OCS GE	Type de milieu
Agroforêts avec couverture forestière clairesemée	secteur semi-xérophile
Agroforêts avec couverture forestière modérée	secteur mésophile
Agroforêts avec couverture forestière dense	secteur hygrophile

Réalisation : Clara Husson
Données : DEAL Mayotte, 2019 ; CBNM, 2014.



3. Echantillonnage

Choix de l'échantillon

Sur base de la cartographie obtenue, nous avons sélectionné 29 agriculteurs ayant au moins une parcelle présente sur zone d'agroforesterie à la couverture arborée plus ou moins dense (dense, modérée, clairsemée) et dans des milieux contrastés (milieu xérophile, mésophile, hygrophile). Ces agriculteurs ont été identifiés à partir de la base de données des agri-référents de la DAAF de Mayotte, des agriculteurs membres du programme Agro Forêt du département, des agriculteurs recensés par le Conservatoire du Littoral sur l'îlot Mtsamboro, ainsi que d'associations agricoles. Le nombre d'agriculteurs enquêtés dont les contacts ont été transmis se répartissent de la manière suivante :

Tableau 7 : Nombre d'agriculteurs enquêtés selon les instituts ayant participé à l'échantillonnage

BD DAAF (Agri-référents)	BD SRF (Programme Agro Forêt)	BD Conservatoire du littoral	Contact Saveur et Senteur de Mayotte	Contact via projet AgrumQuam
16	8	3	1	1

Répartition des parcelles inventoriées

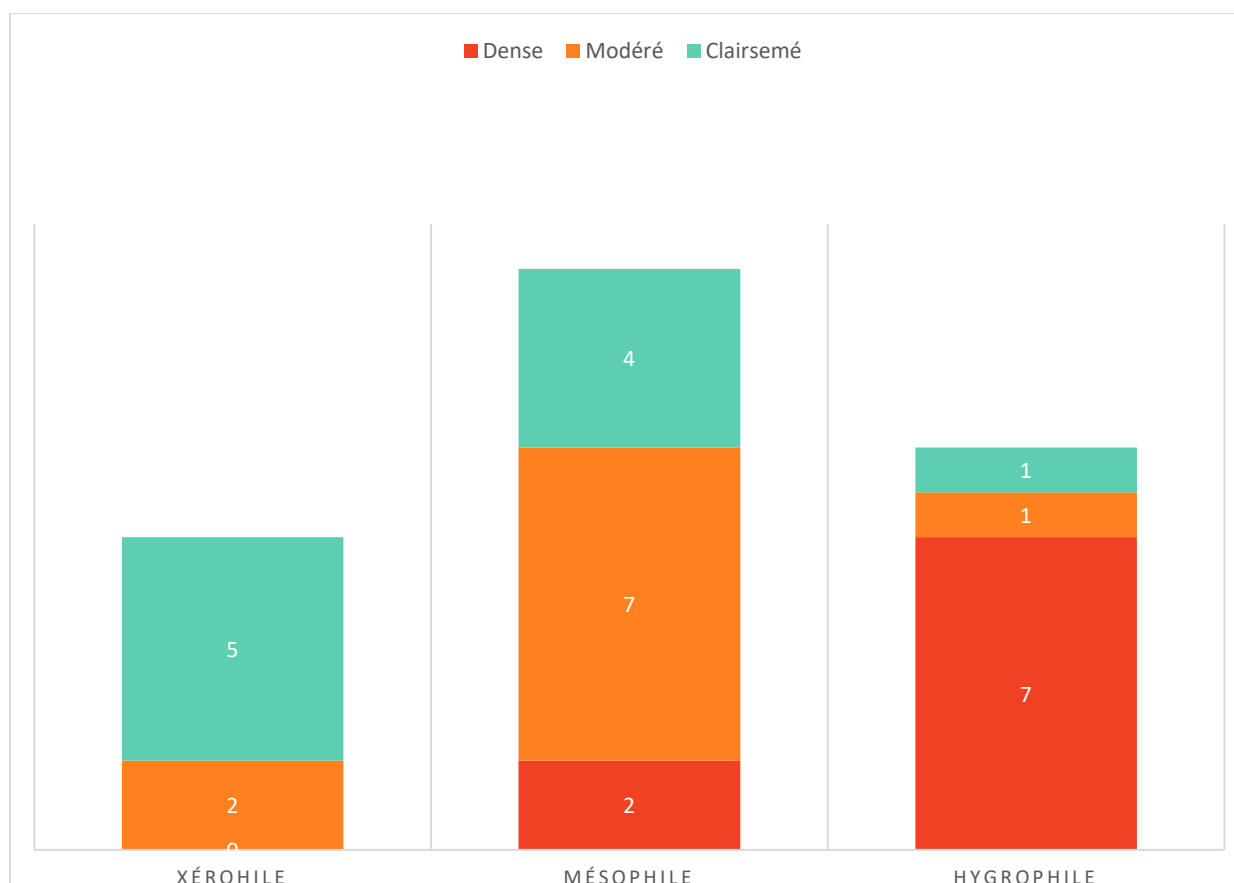


Tableau 8 : Nombre et répartition des parcelles agroforestières inventoriées

Nombre de parcelles inventoriées total		Surface moyenne		Médiane de la surface	
29		1,06 ha		0,42 ha	
Localisation sur l'île par grandes « régions »					
Nord-Ouest	Nord-Est	Centre	Sud-Est	Sud-Ouest	
10	5	8	3	3	

Une majorité de parcelles sont réparties dans le Nord-Ouest en cohérence avec la tendance que suit la répartition des zones d'agroforesterie à Mayotte. De plus, la majorité des parcelles échantillonnées sont présentes en milieu mésophile, milieu principalement représenté sur l'île. Dans ce type de milieu, la couverture arborée des parcelles est principalement modérée. Par contraste, en milieu xérophile, la couverture arborée se trouve être majoritairement clairsemée, tandis qu'elle est plutôt dense en milieu hygrophile.

Figure 2 : Répartition de la couverture arborée des parcelles inventoriées en fonction du type de milieu



4. Pré-typologie des SAFS

Sur base de nos observations et des travaux anciennement conduits à Mayotte, nous avons élaboré une typologie des SAFs qui décrit les hypothèses de travail que nous émettons quant à la diversité des SAFs existants à l'échelle de la parcelle agricole.

a) Concept

La pré-typologie des SAFs s'effectue à l'échelle de la parcelle agricole. L'étude est portée sur l'ensemble du département en cherchant à analyser avant tout la diversité des SAFs existants. En ce sens, il s'agit de porter le regard non pas uniquement sur les systèmes principalement représentés mais aussi de s'intéresser aux systèmes plus marginaux. L'entrée de cette pré-typologie se fait par le milieu en faisant l'hypothèse que le milieu conditionne les types de système de culture¹ que l'on peut rencontrer sur les parcelles. Avec un regard plus agronomique, la pré-typologie intègre également des caractéristiques visant à discriminer les différents systèmes agroforestiers selon leur structure et leur fonction, ce qui constitue une seconde entrée. Le schéma représentant les différents embranchements de la pré-typologie est visible en ANNEXE 1.

b) Les caractéristiques de la pré-typologie

Densité du couvert arboré

Cette caractéristique amène à évaluer l'importance du couvert arboré sur la parcelle étudiée. Cette caractéristique permet d'approcher l'importance de l'arbre dans le SAF étudié ainsi que sa structure spatiale. Cette caractéristique apporte notamment des renseignements sur le caractère plus ou moins agricole/forestier de la parcelle et sur l'ombrage lié à l'ouverture/la fermeture du couvert.

Deux modalités :

« **Couverture arborée peu dense** » considérée comme milieu agricole ;

« **Couverture arborée dense** » considéré généralement comme milieu plus forestier.

Indicateur(s) :

Pour distinguer différentes classes de densité, 3 types de données seront analysées :

- La densité (nombre de tiges/surface) (variable numérique continue)
- L'indice de couverture arborée (variable catégorielle ordinale)
- La surface terrière (variable numérique calculée)

¹ Selon Sébillote (INAPG), un système de culture est l'ensemble des modalités techniques mises en oeuvre sur des parcelles traitées de manière homogène. Chaque système de culture se définit selon 1) la nature des cultures et leur ordre de succession 2) les itinéraires techniques appliqués à ces cultures (= suite logique et ordonnées des pratiques culturelles) ce qui inclut le choix des variétés pour les cultures retenues.

A partir des valeurs de couverture calculée l'objectif est de définir un seuil adéquat (dense/peu dense) en confrontant la plage de valeur obtenues avec les observations des parcelles par les agents de terrain.

Conditions climatiques

Cette caractéristique renseigne le **caractère climatique (humidité) de la parcelle** en lien avec la végétation déjà en place.

On fait l'hypothèse que selon le type de milieu, l'exploitant implante différents types de végétaux en fonction de leur capacité à croître dans un milieu plus ou moins humide. De même, on s'attend à rencontrer des végétaux non cultivés (spontanés) différents selon le type de milieu où se situe la parcelle exploitée.

Trois modalités :

« **Situation xérophile** », "agroforêt sèche à semi-sèche", caractérisée par une faible pluviométrie (inférieure à 1300 mm) et présentant des arbres à types foliaire caducifoliés. Etat hydrique du milieu : sec en permanence.

« **Situation mésophile** », "agroforêt mésophile", caractérisée par une pluviométrie moyenne entre le contexte humide et le contexte sec avec des essences mélangeant des types sempervirents et caducifoliés. Etat hydrique du milieu : frais, bien drainé, assèchement en fin de saison sèche possible.

« **Situation hygrophile** », "agroforêts hygrophile voir hydromorphe », caractérisée par des espèces sempervirentes et par un milieu humide voire inondé en permanence. Etat hydrique du milieu : humide voire inondé en permanence. On s'appuie sur la cartographie des secteurs bioclimatiques de Mayotte produite par le CBNM en 2014 (ANNEXE 2) pour identifier le type de climat dans lequel se situe chaque système étudié (CBNM, 2014) :

La fonction principale des SAFs

Cette caractéristique vise à définir l'**objectif principal de production** de la parcelle. Il s'agit de définir la fonction qu'ont les principales cultures parmi les espèces cultivées sur la parcelle.

Trois modalités :

« **Alimentation humaine en produits frais** (consommation directe) » ;

« **Alimentation humaine ou cosmétique en produits transformés** » ;

« **Alimentation animale** ».

Indicateur(s) :

La fonction principale de la parcelle étudiée est évaluée en quantifiant et en comparant la somme des surfaces de culture destinées à l'alimentation humaine en produits frais, à l'alimentation humaine ou cosmétique en produits transformés ainsi qu'à l'alimentation animale.

La destination des cultures

Cette caractéristique vise à discriminer les exploitants qui produisent principalement pour l'autoconsommation de ceux qui privilégient la vente. La caractéristique de destination des cultures permet de différencier les exploitations selon **la stratégie d'allocation des productions des agriculteurs**. On fait l'hypothèse que les productions destinées à l'alimentation humaine ou cosmétique en produits transformés sont essentiellement destinées à la vente et que les espèces exploitées pour l'alimentation animale sont entièrement autoconsommées. Ces hypothèses s'appuient sur des entretiens qui ont été réalisés pour préparer la collecte de données.

Les dons et échanges de produits de culture sont comptés dans la part des production principalement destinées à l'autoconsommation. Pour les cultures destinées à l'alimentation animale notamment, on peut considérer que les dons/échanges sont compris dans les ressources autoconsommées.

Deux modalités :

« **Autoconsommation** » ;

« **Vente** »

Indicateur(s) :

La part des productions allouée à l'autoconsommation et celle à la vente sont évaluées en quantité de produits récoltés pour la vente et en quantité de produits récoltés pour l'autoconsommation . Puis la part dédiée à l'autoconsommation est comparée avec la part dédiée à la vente pour déterminer celle qui est majoritaire et qui définit donc la destination principale des cultures. Dans le cas où des données chiffrées ne sont pas accessibles, on interroge l'agriculteur sur la destination principale qu'il attribue à ces productions (savoir notamment s'il cherche à vendre dans un premier temps puis autoconsomme le reste ou l'inverse) .

Association de culture et diversité

La caractéristique « Association de culture » repose sur la composition et la diversité des espèces végétales cultivées ou cueillies présentes sur la parcelle. Il s'agit ici de qualifier le ou les principales cultures associées qui composent le système de culture et de caractériser leur diversité.

Modalités :

Dans la pré-typologie, les modalités qui figurent sont des exemples qui ont été repérés et analysés sur le terrain. Il s'agit de l'association de culture qui occupent la plus grande surface à l'échelle de la parcelle.

Indicateur(s) :

Identifier les cultures principalement présentes sur la parcelle en termes de surface occupée à l'échelle de la parcelle.

5. Choix de la méthode

Pour caractériser la diversité des SAFs mahorais via la typologie mais aussi évaluer leurs performances une double collecte de données a été envisagée. D'une part, nous avons réalisé une caractérisation biophysique des SAFs par voie d'observation et d'inventaire floristique multi strate. L'objectif derrière cette caractérisation était de renseigner des variables de structure des SAFs (structure de la parcelle, densité des espèces exploitées, densité des arbres, etc.) mais aussi de collecter des données qui ont servi à décrire la composition des SAFs après analyses (culture principale, nom des espèces présentes, nombre d'espèces présentes, nombre d'individus/espèce, indice de biodiversité, etc.) (Wagler, 2007). D'autre part, nous avons réalisé des enquêtes sur le système d'exploitation des agriculteurs exploitant une ou des parcelles agroforestières. Ces enquêtes visaient à collecter de la donnée pour évaluer les performances agronomiques, socio-économiques et environnementales des SAFs.

6. Inventaires floristiques

a) Echelle d'analyse

Tout d'abord chacune des parcelles a été visitée avec l'exploitant. Lors de cette première visite, nous avons fait le tour de la parcelle avec ce dernier afin de relever géographiquement le parcellaire avec le GPS et de comprendre la logique de production de l'exploitant (type de culture implantées et destination). Le parcellaire relevé comprenait à la fois les zones cultivées mais aussi les zones non exploitées dans l'objectif de rendre compte plus tard de la valorisation de l'espace agricole par surface.

Pour des raisons de cohérence avec la réalité et de qualité, la caractérisation s'est appuyé sur la méthode utilisée par Mélissa Rey dans son mémoire de fin d'étude (Rey, 2019) et s'est effectué à deux échelles spatiales : la parcelle et l'îlot.

Caractérisation de la parcelle

A l'échelle de la parcelle, une caractérisation générale de l'environnement a été réalisée en tenant compte de **la localisation** de la parcelle. D'une part, sur le terrain un certain nombre d'indices renseignant le type de milieu ont été analysé pour comparer la réalité du milieu avec le climat identifié à partir de la cartographie et de le définir à l'échelle de la parcelle. La grille d'analyse ci-dessous nous a servi d'appui pour définir si le système étudié était dans une situation xérophile, mésophile ou hygrophile à partir des trois indicateurs cités précédemment.

Tableau 9 : Caractérisation du type de milieu

	Xérophile	Mésophile	Hygrophile
Pluviométrie	<1 300 mm		
Etat hydrique	Sec en permanence	Frais, bien drainé, assèchement en fin de saison sèche possible, L'eau provient uniquement des précipitations	Humide voire inondé en permanence
Espèces indicatrices	Flore spontanée (Huat <i>et al.</i> , 2021) :		cf-Maywet Flore spontanée (Huat <i>et</i>

<ul style="list-style-type: none"> - Achyranthe aspera L. (amaranthaceae) - Elephantopus mollis Kunth (asteraceae) - Acacia mangium Willd (Fabaceae-mimosaceae) - Striga asiatica (orobanchaceae) 		<i>al.</i> , 2021) : <ul style="list-style-type: none"> - Clidemia hirta (melastomataceae) - Solanum torvum (solanaceae) - Echinochloa cololum (poaceae) - Stenotaphrum dimidiatum (poaceae)
---	--	---

D'autre part, l'**accessibilité de la parcelle** a été appréciée afin de caractériser le niveau de contrainte que cela engendre dans le système d'exploitation (pour les besoins de l'évaluation des performances économiques). La qualité de la piste d'accès a été définie suivant 3 modalités (bonne, moyenne, mauvaise) à partir des critères observés suivants :

Tableau 10 : Caractérisation de l'accessibilité de la parcelle

Modalités d'accès	Qualité de l'accessibilité	Modalités d'accès	Qualité de l'accessibilité
Courte (<1km)	Moyenne	Longue (>=1km)	Mauvaise
Bétonnée Oui		Bétonnée Oui	
Praticable Non		Praticable Non	
Courte	Bonne	Longue	Moyenne
Bétonnée Non		Bétonnée Non	
Praticable Oui		Praticable Oui	
Courte	Bonne	Longue	Bonne
Bétonnée Oui		Bétonnée Oui	
Praticable Oui		Praticable Oui	
Courte	Mauvaise	Longue	Mauvaise
Bétonnée Non		Bétonnée Non	
Praticable Non		Praticable Non	

La **présence d'un cours d'eau** à proximité de la parcelle a été indiquée afin d'évaluer les potentiels risques en cas de traitement phytosanitaire et d'évaluer les potentiels(elles) contraintes/leviers liées à la ressource en eau. D'éventuelles marques de **pâturage** ont également été notées (broutage) en guise de prélèvement pour les besoins de l'évaluation environnementale.

A l'échelle de la parcelle la **hauteur du plus grand arbre** a été mesurée et notée ainsi que son espèce. S'il y a des manguiers sur la parcelle, la hauteur et le diamètre du manguiers le plus haut a également été notée. Le nombre de souche (hauteur inférieure à 2m) a été compté ainsi que le nombre d'arbres morts (arbres morts quel que soit l'essence de diamètre supérieur à 7,5 et de hauteur supérieure à 2m). Nous avons distingué les souches des arbres morts dans la mesure où, sur le plan écologique, les arbres morts sur pieds constituent généralement des réservoirs de biodiversité qui contribuent à la préservation écologique d'un milieu, tandis que les souches révèlent davantage une stratégie d'occupation de l'espace par l'agriculteur. Ces données servent à l'estimation du « **peuplement du passé** ».

A cette même échelle, des données liées à la biodiversité ont été collectées par observation qualitative. Le détail de ce protocole est présent dans la sous-partie « 6.d. Inventaire de la biodiversité ».

Caractérisation de l'îlot

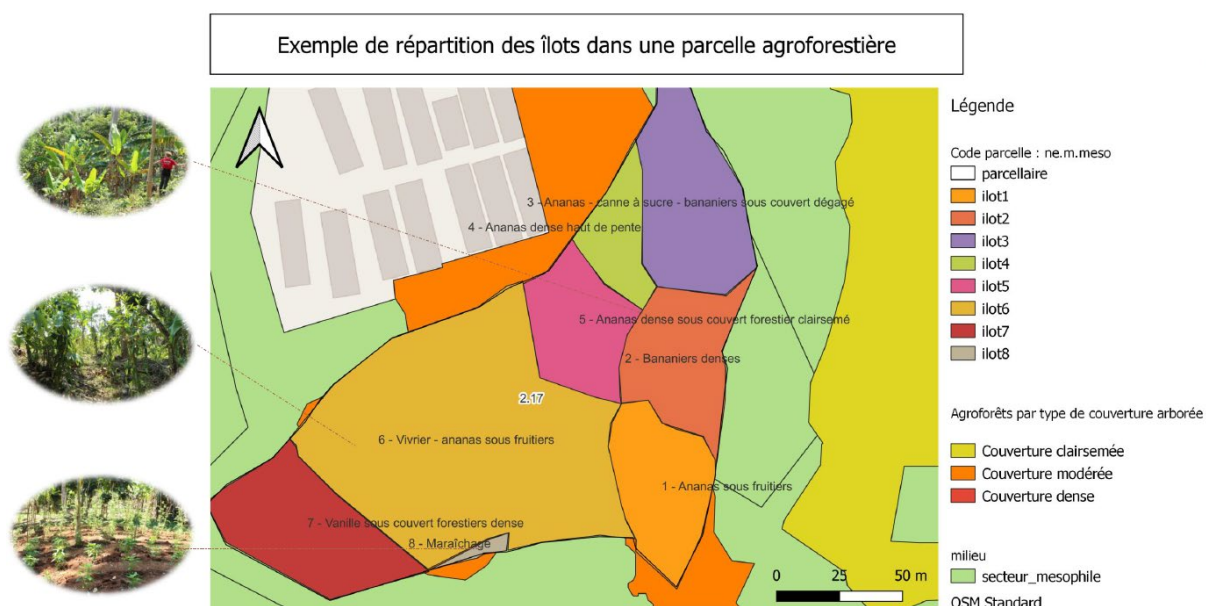
L'une des particularités des SAFs à Mayotte réside dans l'organisation spatiales des différentes cultures ou associations de culture. Des observations préliminaires il a été mis en évidence que les cultures et associations de cultures dans les SAFs ne sont pas réparties de manière homogène sur l'ensemble de la parcelle dans la majeure partie des cas. En effet, les cultures/associations des cultures sont d'avantage organisées par « îlots ». *Un « îlot » est une unité spécifique de la parcelle, qui peut être délimitée par 3 types d'objets physiques :*

- *Une limite naturelle (ruisseau, forte pente, rochers...),*
- *Une limite physique (route, chemins, enclos),*
- *et/ou une limite quantitative (espèce(s) dominante(s), types d'associations, structuration spatiale singulière...)* » (Rey, 2019).

Ces îlots sont en cohérence les uns avec les autres au sein de la parcelle.

Ainsi, lors d'une seconde visite avec l'équipe chargée des relevés de terrain, nous avons identifié et délimité des îlots à partir des cultures ou associations de cultures présentes au moment de l'inventaire. Nous avons ensuite relevé les coordonnées GPS de ces îlots afin de les géoréférencer. La taille des îlots variant leur surface a été estimée sur le terrain à l'aide du GPS sur l'application mobile QField.

Cartographie 4 : Exemple de répartition des îlots au sein d'une parcelle



La plupart des îlots sont à vocation de production alimentaire en raison des espèces plantées et cultivées par l'agriculteur présentes dessus. Toutefois, notons que certains îlots n'ont pas nécessairement vocation à la production en raison de difficultés qu'il y a les exploiter ou parce qu'ils sont utilisés pour un autre usage. En ce cas, on parlera d'îlots support à la production. Il peut s'agir par exemple :

- D'une zone de forêt non exploitée
- D'une friche
- D'un bord de parcelle
- D'une zone de bâtie
- D'une ripisylve

Etc.

Ces espaces ont été caractérisés lorsque cela semblait pertinent d'un point de vue écologique (présence d'une zone boisée dense par exemple, ripisylve en bord de parcelle, etc.). Sinon, ils sont simplement représentés sur les cartographies des parcelles afin de les identifier.

Une appréciation globale sur la « **qualité** » de sol qui caractérise chaque îlot a été réalisée en renseignant quatre indicateurs :

- **La présence ou l'absence de roche mère visible**

Pour relever cette donnée, l'observateur a cherché à vérifier l'absence de sol sur certaines zones de la parcelle. L'objectif de cette donnée est de vérifier l'état de dégradation du sol agricole, notamment lié à l'érosion.

- **La couleur du sol**

L'observateur relève la couleur du sol de manière relative entre les différentes observations. Une photo du sol dégagée des végétaux a été prise pour une meilleure comparaison des couleurs de sol au moment des analyses.

Nous avons fait l'hypothèse qu'en fonction de la couleur du sol, l'état de ferrallitisation des andosols mahorais est plus ou moins avancé comme l'indique le tableau suivant :

Tableau 11 : Classe de couleur des sols (issu du rapport stage de I. Combeuil, 2023).

Couleur du sol	Nuance	Type de sol
Rouge	Clair	Ferrallisol avancé/ancien
	Foncé	Ferrallisol avancé/ancien
Marron orangé	Clair	Ferrallisol peu avancé/ récent
	Foncé	Ferrallisol peu avancé/ récent
Brun (sans orange ni rouge)	Clair	Andosol
	Foncé	Andosol en liaison avec du humus
	Grisâtre	Andosol ou Brûlis récent

- L'importance de **litière** présente en surface

La litière se définit comme : « L'ensemble des matières organiques d'origine biologique, à différents stades de décomposition » (Gobat et al., 2010). Par observation, nous avons cherché à quantifier l'importance relative de la litière présente sur l'îlot avec 3 niveaux définis comme indiqué ci-dessous :

- **Absente** : Absence globale de litière sur l'îlot, presque qu'aucun composant organique n'est visible à la surface du sol ;
- **Epars** : Présence de litière à certains endroits de l'îlot mais non de façon homogène avec un recouvrement du sol souvent faible ;
- **Dense** : Présence de litière de manière homogène sur l'ensemble de l'îlot avec un recouvrement du sol globalement important.

La litière représentant une source potentielle d'énergie accessibles pour les végétaux qui la consomme, cette observation est collectée dans le but de qualifier la qualité du sol en termes de composition.

- Le **risque d'érosion** potentiel en fonction de la topographie

Le risque d'érosion a été analysé par observation des niveaux de la pente des îlots comme principal facteur de risque. Une appréciation générale est donnée suivant le degré de la pente :

- Faible
- Moyenne
- Forte

Le risque d'érosion représente une contrainte intimement liée à la qualité du sol en termes de composition en raison des lessivages et de la lixiviation du sol qu'il peut entraîner. Par conséquent, cette donnée a également été intégrée pour évaluer la qualité du sol.

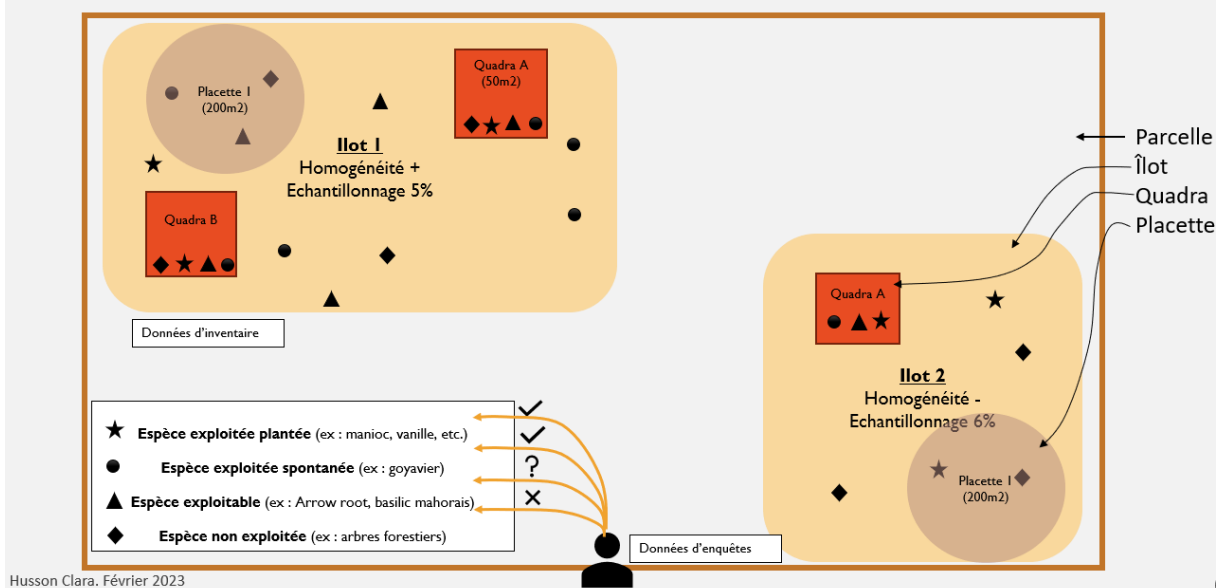
- ⇒ Ces appréciations sont qualitatives et les données collectées pour chaque indicateur ont été analysées sous statistique afin de valider ou non une corrélation entre ces caractéristiques et avec les types de culture observées.

Au sein de chaque îlot la **présence d'une haie** a également été notée ainsi que ses caractéristiques :

- Les essences qui la composent (pas plus de 4 essences majoritaires)
- Le pourcentage (par tranche de 25%) du linéaire entourant l'îlot couvert par une haie
- Le type de haie : « arbustive basse » (haie taillée, inférieure à 2m), « arbustive haute » (entre 2m et 7m), arborée (alignement d'arbre supérieur à 7m), ou « multi stratifiée » (présence d'arbres et d'arbustes)
- La densité de la haie : « oui » ou « non » (Une haie peu dense n'aura qu'une rangée d'arbres ou d'arbustes élagués ou fortement écartés et il est possible de voir à travers elle. La haie dense est définie par contradiction avec la haie peu dense)

Un inventaire floristique a ensuite été réalisé à l'échelle de l'îlot au sein de placettes et de quadrats réparties de manière aléatoire dans les îlots avec un taux d'échantillonnage de 6% (5% quand la surface de l'îlot était supérieure ou égale à 0,6ha)(Figure 6). Le taux d'échantillonnage a été fixé au regard des moyens humains disponibles et du temps imparti pour inventorier une trentaine de parcelles. Le taux d'échantillonnage est relativement élevé en ce qui concerne l'inventaire de la strate arborée au regard de la superficie des îlots si on le compare avec les recommandations des inventaires forestiers. Toutefois ce taux d'échantillonnage a été conservé afin d'analyser au mieux la diversité des espèces et leur densité ainsi que l'irrégularité de la répartition des espèces (Seneschal, 2021).

Méthode d'inventaire



Pour ce faire, des quadrats d'environ 50m² ont été mis en place à l'aide de 4 piquets espacés d'environ 7m de côté. Ceux-ci ont servi à l'inventaire des espèces de la strate arbustive et herbacée. Pour l'inventaire des essences arborées l'UICN a réalisé des placettes circulaires de 200m². Les quadrats et

placettes sont matérialisés par 4 ou 5 jalons plantés aux extrémités et choisis de manière aléatoire au sein de l'îlot.

b) Inventaire de la strate herbacée et arbustive

Pour des raisons de temps, l'inventaire des espèces appartenant à la strate herbacée a été non exhaustif. Au sein de chaque quadrat/placette l'inventaire a porté sur l'ensemble des espèces :

- Exploitées et plantées par l'agriculteur ;
- Exploitées spontanées ;
- Potentiellement exploitables ;
- Exploitées et non exploitées pour les arbres.

S'ajoute à cela certaines adventices et espèces bioindicatrices de milieu.

L'inventaire floristique s'est effectué pied à pied pour chaque espèce comptée. Nous avons distingué, par espèce, les pieds déjà productifs (lorsque l'on peut déjà prélever sa production principale) des pieds n'ayant pas encore atteint un stade productif pour distinguer le potentiel exploitable pour l'année en cours (Wagler, 2007). Puis, nous avons estimé le pourcentage de pieds en régénération (potentiellement productifs sur le prochain cycle de production) pour les espèces exploitables ou potentiellement exploitables. Le nom de chaque espèce comptée a été indiqué (avec une précision par espèce dans la plupart des cas ou par genre quand une identification plus fine n'est pas envisageable) ainsi que son appartenance à la strate soit arbustive soit herbacée. Le fichier de terrain pour l'inventaire des espèces herbacées et arbustives est présent en ANNEXE 4.

Notons que certaines erreurs d'identification ont dû être envisagées et que pour certaines espèces le nombre de pieds reste approximatif lorsque la densité ne permet pas de faire un comptage pied à pied. La qualité des inventaires dépendait également de l'homogénéité de l'îlot dans la mesure où dans un îlot moins homogène il est possible que l'emplacement des quadrats n'incluaient pas certaines espèces cultivées ou, au contraire, qu'il incluait une espèce présente à un endroit de manière très localisée. Par conséquent l'estimation de la densité de l'espèce a été de moindre qualité dans ce cas.

c) Inventaire de la strate arborée

L'inventaire de la strate arborée a été réalisé selon un inventaire en plein au sein de chaque placette par le cf- UICN. Les ligneux d'un diamètre supérieur à 7,5cm présents sur la placette ont été inventoriés et leur classe de diamètre notée :

Classe de diamètre	Diamètre
TPB (très petit bois)	7,5cm – 17,5 cm
PB (petit bois)	17,5cm – 27,5cm
BM (bois moyen)	27,5cm - 47,5cm
GB (gros bois)	47,5cm – 67,5 cm
TGB (très gros bois)	Supérieur à 67,5cm

L'état sanitaire des espèces ligneuses présentes a été caractérisé en estimant qu'un arbre est

dépérissant si plus de 25% des branches du tiers supérieur du houppier sont mortes. Dans ce cas, l'espèce est notée et une note lui est attribuée en fonction de son état de dépérissement :

- **1** : 25-50% ;
- **2** : 50-95% ;
- **3** >95% de branches mortes dans le tiers supérieur du houppier.

La régénération a également été notée en précisant l'espèce, et sa classe de hauteur :

- **1** : 0-60 ;
- **2** : 60-1m ;
- **3** : 1-2m ;
- **4** : >2m

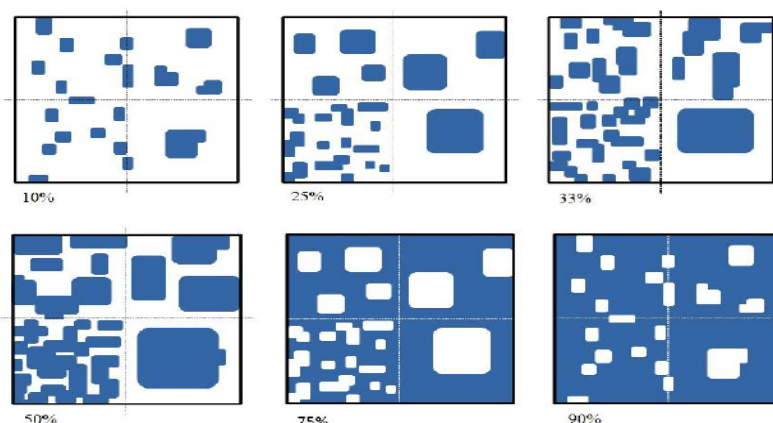
Nous avons également indiqué si le végétal a été planté ou est issu d'une régénération naturelle ainsi que le nombre de tige (pied). Si le nombre de tige était supérieur à 10, une estimation à la dizaine a été donnée.

La couverture arborée a été relevée pour chaque strate. Notons que pour définir un indice de couverture arborée, nous pouvons nous appuyer sur les indices définis par (Berthelemy, 2011) et (Rodwell, 2006) ci-dessous. Toutefois, notons que définir un indice de couvert arboré reste complexe sur le terrain et les indices ont dû, à minima, être couplés à des notions de hauteur (5 ou 7 mètres).

Figure 2: Indice de couvert arboré en systèmes cultivés.

Type :	Description :
1	le couvert arboré représente plus de 75% de la surface exploitée. Le couvert arboré est sombre.
2	le taux de recouvrement du couvert arboré est compris entre 50 et 75%. Le couvert arboré est clair.
3	le taux de recouvrement du couvert arboré est compris entre 25 et 50%. Un défrichage ou une coupe a été réalisé.
4	le couvert arboré représente moins de 25% de la surface exploitée. Le défrichage est caractérisé de total à quasi-total.

(Berthelemy, 2011)



L'estimation de la classe de recouvrement de chaque strate (herbacée, arbustive, arborée) par rapport au sol est indiqué par le code suivant :

- **0** : absence
- **1** : inférieur à 25%,
- **2** : entre 25 et 50%,
- **3** : entre 50 et 75%,
- **4** : supérieur à 75%)

Fig. 7 : Représentation schématique du recouvrement de la végétation (d'après Rodwell 2006)

d) Inventaire de la biodiversité

Afin d'évaluer la biodiversité des systèmes agroforestiers, diverses données ont été collectées pour caractériser le niveau de biodiversité à partir d'un indicateur global. L'objectif était de recourir à une

méthode qui traduit de façon fidèle l'état de la biodiversité globale tout en restant techniquement réaliste et applicable. La biodiversité peut être évaluée selon trois axes qui sont la patrimonialité, la diversité et la fonctionnalité écologique (Delzons *et al.*, 2021). Nous n'avons pas voulu être restrictifs et c'est donc plutôt à l'image des Indices de Qualité Ecologique (Delzons *et al.*, 2021) ou Indice de Biodiversité Potentielle (Larrieu et Gonin, 2010), que le protocole a été pensé (ANNEXE 3) (Magnant, 2023). L'élaboration du protocole et la collecte des données de biodiversité a été réalisée par le cf-UICN.

Figure 3 : Variables relevées lors de l'inventaire de biodiversité

Relevés biodiversité choisis	Définition utilisée
Présence d'espèces arborées autochtones	La liste des espèces autochtones est basée sur les recommandations du CBNM
Nombre d'arbres morts sur pieds	Ensemble des arbres morts, quelle que soit l'essence, d'une hauteur supérieure à 1,3 m, et d'un diamètre supérieur à 7,5 cm
Nombre d'arbres de gros diamètres	Comptage de tous les arbres de diamètre supérieur à 47,5 cm
Présence d'une zone humide à proximité	Rivière, cours d'eau, mare ou résurgence à une distance maximum de 30 m de la parcelle
Présence d'une forêt dense à proximité	Formation forestière avec une canopée dense et jointive à une distance maximum de 30 m de la parcelle
Présence de blocs rocheux	Blocs de plus de 1 m de diamètre en partie émergé
Présence d'une haie dense	Haie arbustive haute, arborée ou multi-stratifiée sur plus de 50% du linéaire entourant la parcelle
Présence de végétation spontanée et son caractère envahissant	Absence de désherbage au niveau des inter-rangs La liste des espèces exotiques envahissantes est basée sur les recommandations du CBNM
Nombre d'arbres porteurs de micro-habitats	Branches mortes, épiphytes, cavités, trognes, contreforts, champignons, fentes
Utilisation de produits phytosanitaires	Cette information est récoltée par le biais d'entretiens réalisés en complément par le Cirad
Nombre de strates présentes	Herbacée, arbustive et arborée

e) Inventaire entomologique

Il s'agit de faire un inventaire entomologique des principaux arthropodes (insectes et araignées) présents sur les plantes cultivées ou non des différentes parcelles, et si possible des îlots sélectionnés, dans le cadre de ce projet. Il sera intéressant de voir s'il y a une relation entre l'entomofaune et le milieu, notamment son degré d'ouverture par rapport aux arbres, et mettre en évidence d'éventuelles espèces bio-indicatrices.

Les observations sont qualitatives, mais des fortes populations d'une espèce sont enregistrées. Elles sont effectuées sur les îlots établis pour les inventaires floristiques, et le temps d'observation est calqué sur celui des inventaires floristiques.

Les observations se font sur les plantes essentiellement à l'œil nu. Il est possible d'utiliser un « parapluie japonais » sous les arbres et arbustes en frappant des branches. Un filet fauchoir peut être employé dans les plantes herbacées.

Les insectes observés sont notés, et les espèces non déterminées sont prises en photo et/ou capturées au moyen d'un aspirateur à bouche ou de tubes/boîtes en plastique.

Toutes les informations recueillies sont rentrées dans un tableau Excel à des fins d'analyses, en précisant les éventuelles plantes-hôtes et le régime alimentaire des arthropodes observés (phytophage, prédateur, parasitoïde, pollinisateur).

7. Enquêtes

a) Déroulé des enquêtes

En parallèle des observations sur les parcelles, des enquêtes auprès des agriculteurs ont été menées afin de collecter des données sur leur système d'exploitation. Les données collectées répondaient à la fois aux besoins d'évaluer les performances agronomiques et les savoir-faire des agriculteurs mais aussi d'évaluation des performances technico-économiques et environnementales des SAFs. Les enquêtes ont été réalisées par une ou deux personnes du Cirad accompagné d'une traductrice recrutée par la DAAF de Mayotte pour les besoins de ce travail. Les enquêtes ont duré en moyenne 2h et avaient lieu dans la plupart des cas au sein même de la parcelle, après avoir relevé le parcellaire avec l'exploitant.

Un questionnaire unique a servi à collecter les données nécessaires pour l'évaluation des trois niveaux de performances. En revanche, les questions ont été orientées de façon à collecter des données à différentes échelles :

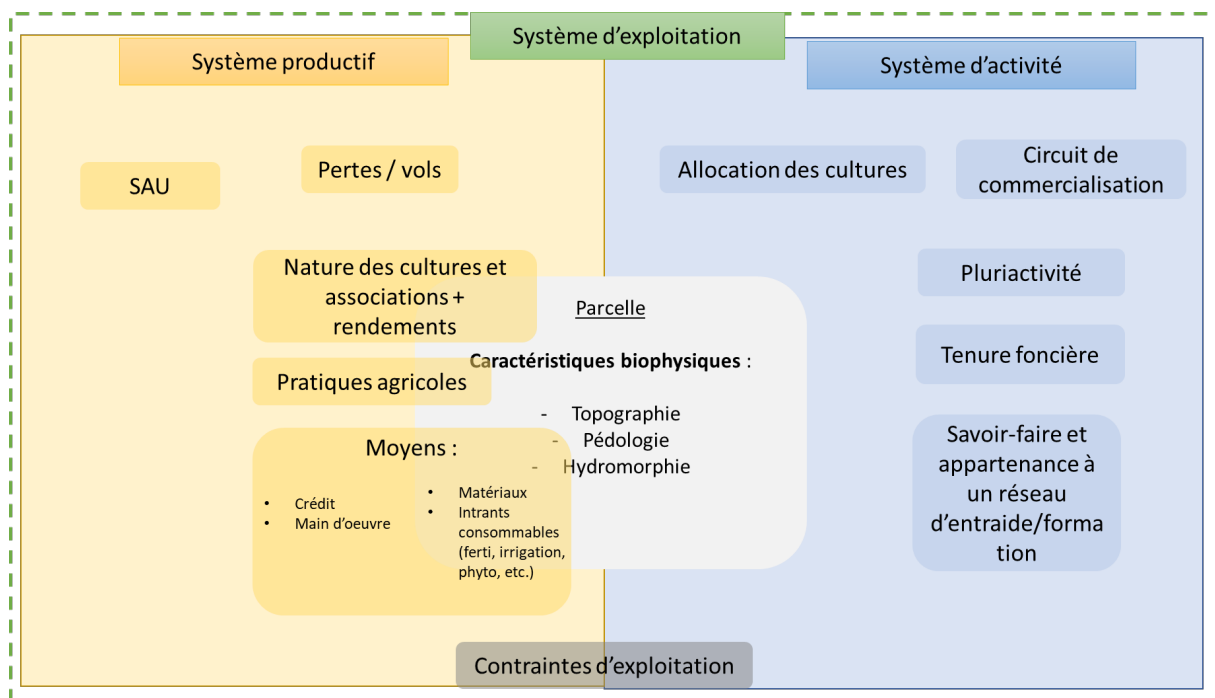
Le système de production : Il s'agit de comprendre ce que font les agriculteurs, comment, pourquoi et quelle est la rationalité de leurs pratiques agricoles et leurs contraintes techniques. Pour cela, on s'intéresse aux terres de l'exploitation (surface, localisation au sein de l'écosystème cultivé ou type de terroir), à la main d'œuvre et au capital de l'exploitation (bâtiment, matériel, plantations, cheptel, etc.) et au système de culture (Cochet et Devienne, 2006)

Le système d'activité : Il concerne les stratégies globales des agriculteurs en intégrant "les activités agricoles (système de production) et extra agricoles, ainsi que les activités dites marchandes (emploi salarié, vente de produits agricoles) et non marchandes, liées à la vie sociale et aux logiques d'identification des individus" (Gaillard et Sourisseau, 2009)

Le système d'exploitation : Il se "défini par le mode de fonctionnement des unités, il se rapporte aux formes de propriété ou d'usage des facteurs de production (exemple : exploitation individuelle, utilisation de salariés, formes d'organisation du travail, type de commercialisation) et aussi à la manière dont sont répartis les produits du travail (niveau d'autoconsommation, parts respectives des investissements et de la rémunération du travail, etc.)" (Brossier, 1987).

Le schéma ci-dessous : regroupe les types de questions et l'échelle d'analyse avec laquelle elles seront abordées :

Figure 4 : Schématisation des données collectées et leur échelle



b) Données collectées et échelle d'étude

Mettre les schémas pour montrer l'ensemble des données collectées + données collecter pour avoir le prix des produits + calcul des prix moyen à l'aide des mercuriales.

Identification de l'enquêté

Une première partie courte était dédiée à l'identification de l'agriculteur. Dans cette partie, il s'agissait de renseigner la commune et le village dans lequel vit l'enquêté pour rendre compte de l'accessibilité de ses parcelles (une note d'accessibilité est accordée à la parcelle étudiée en fonction de la distance à l'habitation, à la qualité de la piste et au moyen de transport utilisé par l'enquêté).

Son âge a également été demandé et classé selon des classes d'âge avec la logique hypothétique suivantes :

- 25-35 ans : personne en cours d'installation
- 36-45 ans : 1ers investissements conséquents dans le système d'exploitation
- 46-55 ans : phase de maîtrise de l'exploitation et de stabilité
- 56-65 ans : anticipation de la reprise de l'exploitation
- + de 65 ans : exploitant en retraite

Performances agronomiques :

Echelle d'analyse : **système d'exploitation**

Le système d'exploitation est ensemble des systèmes de production dépendant d'un décideur : c'est l'unité économique. Il symbolise l'exploitation agricole (avec un ou plusieurs systèmes de production) ou l'*Estate*. Il est finalisé par les objectifs de l'exploitant, mise en œuvre par une stratégie d'exploitation (Badouin, 1987).

Pour évaluer les performances agronomiques des SAFs, nous avons caractérisé la biodiversité et les pratiques agricoles employées au regard des caractéristiques biophysiques qui conditionnent le milieu. Pour cela, nous avons cherché, au travers des enquêtes, à définir :

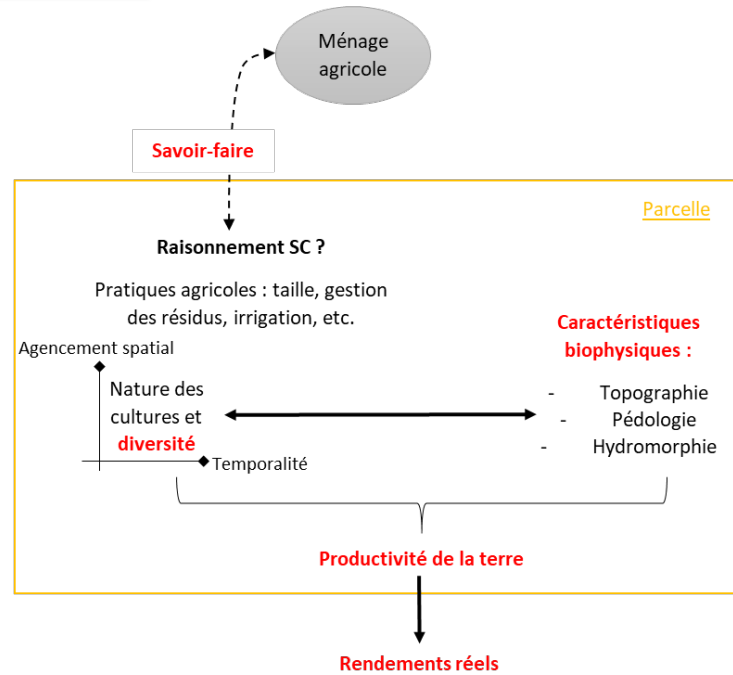
- Le calendrier cultural des agriculteurs,
- Les pratiques agricoles,
- Les productions, rendements et pertes,
- Les destinations des productions,

L'enjeu derrière cette évaluation était de comprendre :

- **Comment sont raisonnées les pratiques agricoles au regard du milieu et du savoir-faire des agriculteurs ?**
- **Quelle est la productivité du système de production ?**

Figure 5 : Schématisation des données collectées pour évaluer les performances agronomiques des SAFs

Evaluation des performances des SAFs



Performances agronomiques :

Comment sont raisonnées les pratiques agricoles au regard des potentialités du milieu et du savoir-faire des agriculteurs ?

Quelle est la productivité du système de production ?

Légende :

- Flux de matière
- Flux d'informations
- Flux d'énergie
- Flux financiers

Performances économiques :

Echelle d'analyse : **système d'exploitation**

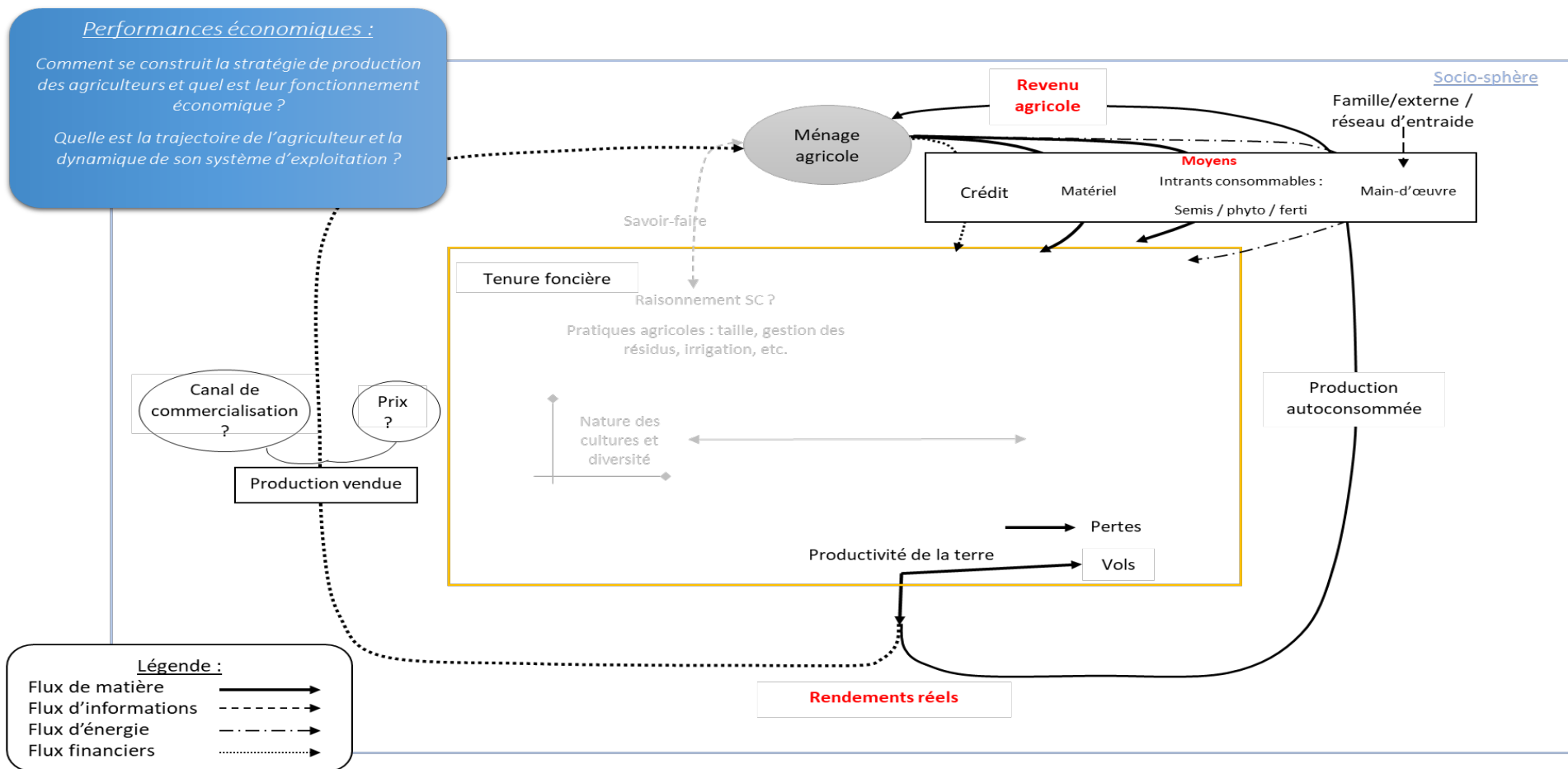
Les performances économiques des SAFs ont été analysées à l'échelle du système d'exploitation avec comme indicateur principal le revenu agricole/ha obtenu, entre autres, via l'estimation de la production. Pour ce faire, nous avons cherché à caractériser le système de production et d'activité des exploitants agricoles en collectant des données sur :

- La trajectoire de l'agriculteur (historique, stratégie, activités) ;
- Le capital travail (main d'œuvre familiale, externe, entraide) ;
- La quantité de produits destinés à l'autoconsommation, à la vente, aux dons/échanges et les prix de vente pratiqués ;
- Les circuits de commercialisation ;
- Les contraintes et les opportunités liées à l'exploitation (dynamique) ;
- L'appartenance à des réseaux techniques et sociaux ;

L'enjeu derrière cette évaluation était de comprendre :

- ***Comment se construit la stratégie de production des agriculteurs et quel est leur fonctionnement économique ?***
- ***Quelle est la trajectoire de l'agriculteur et la dynamique de son système d'exploitation ?***

Figure 6 : Schématisation des données collectées pour évaluer les performances économiques des SAFs



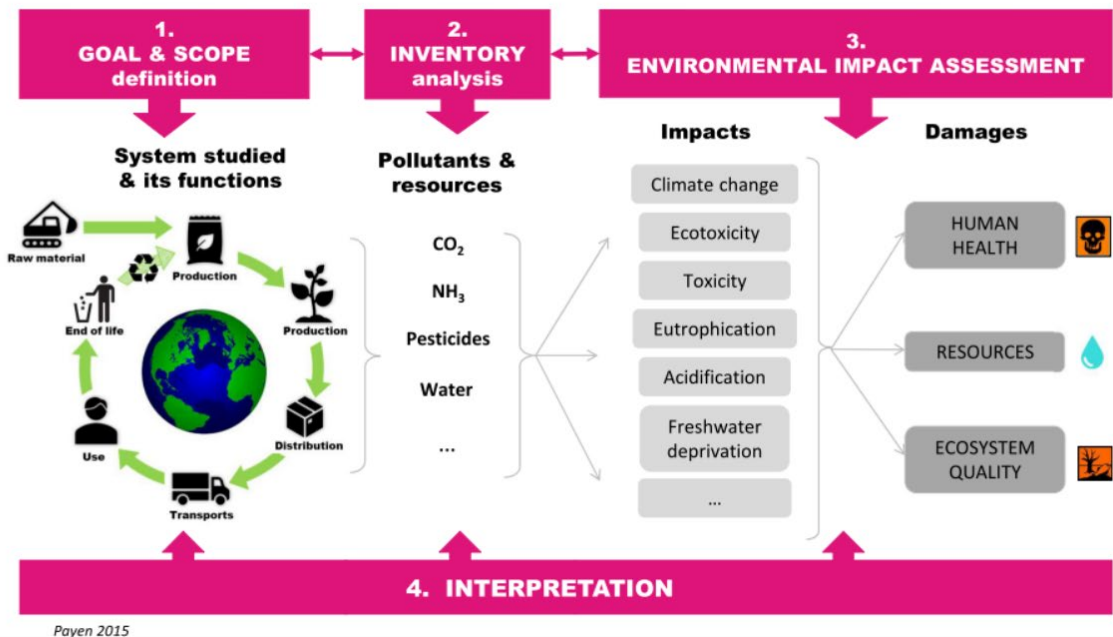
Performances environnementales :

Echelle d'analyse : **Parcelle agroforestière / îlot**

L'analyse des performances environnementales a été prévue dans l'objectif d'utiliser l'**Analyse de Cycle de Vie (ACV)** pour mesurer les impacts environnementaux du SAF sur l'ensemble du cycle de vie des différentes cultures. Le schéma ci-dessous illustre les différentes étapes composant l'Analyse du Cycle de Vie :

Figure 7 : Schématisation de la méthode générale d'Analyse de Cycle de Vie

The LCA framework



Dans un premier temps, il était question d'étudier les composantes et les fonctions du système agroforestier en s'intéressant tout particulièrement aux matières premières consommées, aux différentes productions issues de ce système (rendements et pertes) et aux pratiques agricoles, à leur distribution, aux moyens de transport utilisés pour acheminer les matières premières et les produits, à l'utilisation qui est faite du système agroforestier ainsi qu'à la manière dont est conduit le SAF en fin de cycle de production. Pour cela, il s'agissait de collecter des données sur l'ensemble des intrants du SAF qui impliquent une consommation de matière, d'énergie, ou une émission de substances vers l'environnement. Nous nous sommes notamment intéressés à collecter des informations sur les thématiques suivantes :

Tableau 12 : Liste des données collectées pour l'analyse environnementale des SAFs

Structure et fonction du SAF	Objet ou processus étudié	Données à collecter
Produits	Produit	Produits concernés, type de récolte, rendement, pourcentage de rendement valorisé.
	Coproduit	Produits concernés, quantité.

	Culture précédente	Type de culture, date de récolte, pourcentage de surface concernée, rendement, type de récolte, gestion des résidus, quantité d'azote dans les résidus, quantité de résidus, opération d'enfouissement, date de l'opération.
	Résidus de culture	Type, quantité et contenu en N, pourcentage de surface sur laquelle les résidus sont exportés.
Cycle de production	Travail du sol	Type de travail du sol, date, nombre de passages, consommation d'énergie, débit.
	Semis	Type et quantité de semence, masse d'un plant et unité, date du semis, opération agricole et nombre de passages.
	Fertilisation	Type de fertilisant et date d'épandage, quantité de préparation commerciale, pourcentage de surface concernée, opération de fertilisation, nombre de passages, délai d'enfouissement du fertilisant, méthode d'épandage.
	Protection des plantes	Type de protection, quantité appliquée, date d'application, pourcentage de surface traitée, nombre de passages, opération pour le traitement.
	Autres activités mécaniques	Type d'activité, date, pourcentage de surface traitée, nombre de passages.
	Autres intrants	Type d'intrant, utilisation, quantité, pourcentage de surface traitée, nombre de passages.
	Irrigation/fertirrigation	Type d'irrigation, matériel, quantité d'arrosage, type d'énergie et quantité, pourcentage de surface traitée.
	Récolte	Date, opération agricole, pourcentage de surface traitée, nombre de passages.
Transport	Transport intrants	Moyen de transport, quantité de transport, distance parcourue, pourcentage concerné.
Fin du cycle de vie	Opérations post-récolte	Type d'opération, date, pourcentage de surface traitée.

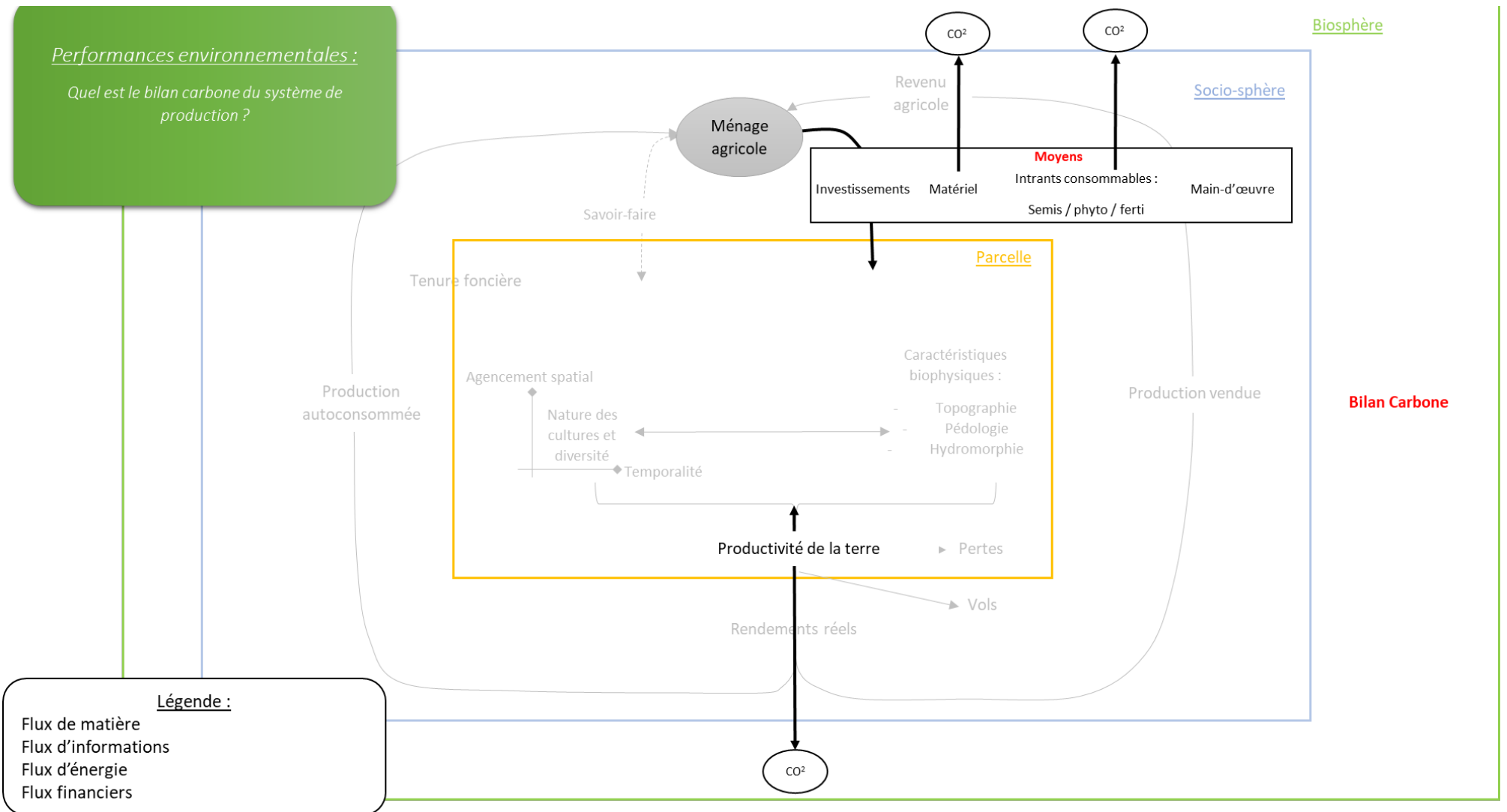
	Sol et érosion	Travail du sol le plus érosif, localisation, paramètre de pente et d'érosivité, orientation du travail du sol par rapport à la pente.
	Topographie	Longueur de la pente, distance à l'eau de surface la plus proche.

Derrière cette liste exhaustive, notons bien que certaines informations à renseigner seront « nulles » dans notre étude dans la mesure où certaines pratiques ne s'appliquent pas aux SAFs mahorais (ex : l'irrigation concerne peu d'exploitations agricoles à Mayotte) ce qui simplifiera la modélisation.

L'enjeu derrière cette évaluation était de comprendre :

- ***Quelles sont les performances environnementales des SAFs ?***
- ***Quels sont les principaux impacts environnementaux des systèmes de production, et quels en sont les intrants responsables ?***

Figure 8 : Schématisation des données collectées pour évaluer les performances environnementales des SAFs



Inventaire des savoirs et savoir-faire agricoles :

Cet axe de recherche vise à identifier les savoirs et savoir-faire des agriculteurs concernant la mise en place et la conduite des SAFs. Nous nous sommes intéressés à questionner :

- L'origine des savoirs des agriculteurs ;
- Leurs pratiques agricoles ;
- La manière dont se font le choix des cultures et des associations ;
- L'appropriation de l'espace ;
- La représentation du jardin mahorais et de ses fonctions.

Pour évaluer la représentation que se font les agriculteurs du jardin mahorais, nous avons quantifié la valeur qu'ils attribuent aux services écosystémiques rendus par les SAFs à partir de la méthode des galets (Jagoret *et al.*, 2014). Celle-ci consiste à interroger les enquêtés sur les différents usages qu'ils attribuent aux arbres dans leur parcelle. Chaque usage est écrit sur un post-it que l'on colle sur un gobelet en plastique. Il y a autant de gobelet avec un post-it qu'il y a d'usages énoncés par l'enquêté. Puis, en fonction de l'importance relative qu'accorde l'enquêté à chaque usage, il lui est demandé de remplir le gobelet avec des noyaux de jacques. Il dispose de 100 noyaux qu'il doit donc tous répartir dans les différents gobelets selon l'importance de l'usage indiqué selon lui. A la fin les noyaux sont comptés pour chaque gobelet et le nombre est noté, associé à l'usage. L'objectif de cet exercice vise à comprendre la place qu'accordent les agriculteurs mahorais à l'arbre dans leur parcelle.

Le questionnaire d'enquête est visible en ANNEXE 5.

8. Gestion des données

a) Base de données des inventaires

Les données issues des inventaires floristiques ont été numérisées puis organisées dans un fichier Excel accessible sur le Dataverse du CIRAD. Les données sont organisées sur différentes feuilles en fonction du type de données ainsi que de l'échelle à laquelle elles ont été collectées. Elle comprend à la fois des données brutes et des données calculées sur la patrimoine arboré, arbustif et herbacée des SAFs ainsi que sur la biodiversité. Les différentes feuilles et les informations globales qu'elles contiennent sont décrites ci-dessous :

- Feuille « **parcelle** » : Ensemble des données prises à l'échelle de la parcelle pour caractériser l'environnement général de la parcelle (zone géographique, accessibilité, caractéristiques dendrologiques du plus grand arbre, type de milieu, etc.)
- Feuille « **îlot** » : Ensemble des données prises à l'échelle de la parcelle pour caractériser l'environnement général de l'îlot (caractéristiques pédologiques, caractéristiques haie, association de culture dominante, etc.)
- Feuille « **quadrat_arbu_herb** » : Données d'inventaire de la strate herbacée et de la strate arbustive.
- Feuille « **quadrat-arbo** » : Données d'inventaire de la strate arborée
- Feuille « **arbres alim.-forestiers** » : Indique la présence ou l'absence de diverses variétés d'arbres fruitiers ou forestiers dans chaque îlot de chaque parcelle.
- Feuille « **%_strate** » : renseigne la part relative des différentes strates (herbacée, arbustive, arborée) au sein de chaque îlot de chaque parcelle.

- Feuille « **VBM** » renseigne le volume de bois mort calculé au sein de chaque placette de chacun des îlots.
- Feuille « **ipb_parcelle** » : contient les données relatives à l'ensemble des variables étudiées à l'échelle de la parcelle pour obtenir un indice de biodiversité potentiel.
- Feuille « **indice_biodiv** » : comprend l'ensemble des indices de biodiversité » calculés à l'échelle de l'îlot (indice de Simpson, Piélou, Shannon et richesse spécifique) pour les espèces alimentaires (non forestières) et non alimentaires (forestières).
- Feuille « **calcul_ipb_parcelle** » : contient le score associé à chacune des variables composant l'IBP à l'échelle de la parcelle ainsi que l'IBP parcelle lui-même.
- Feuille « **EEE** » : indique la proportion d'espèces exotiques envahissantes au sein du patrimoine arboré de chaque îlot.
- Feuille « **indigenes** » : indique la proportion d'espèces indigènes au sein du patrimoine arboré, arbustif et herbacé de chaque îlot.
- Feuille « **IBP_îlot** » : contient les données relatives à l'ensemble des variables étudiées à l'échelle de l'îlot et leur score pour obtenir un indice de biodiversité potentiel.
- Feuille « **type_parcelle** » : proportion de chaque type d'îlot (1, 2 ou 3) au sein de chacune des parcelles étudiées en comprenant ou non les friches forestières.
- Feuille « **glossaire** » : liste de l'ensemble des espèces végétales recensées dans les inventaires, la strate à laquelle elles appartiennent, leur appartenance ou non à la liste des essences forestières des OFDM, si ce sont des espèces à vocation alimentaire ou non, leur importance en termes d'usage, si ce sont des espèces envahissante, indigène ou mellifère et l'unité à laquelle elles ont été comptées dans les inventaires.

b) Base de données des enquêtes

Les données issues des inventaires floristiques ont été numérisées puis organisées dans un fichier Excel accessible sur le Dataverse du CIRAD. Les données sont organisées sur différentes feuilles en fonction du type de données. Elle comprend à la fois des données brutes et des données calculées. Les différentes feuilles et les informations globales qu'elles contiennent sont décrites ci-dessous :

- Feuille « **ID_agriculteur** » : comprend les données relatives à l'identité de l'enquêté (lieu de vie, parcelle, âge, type d'activité professionnelle, etc.)
- Feuille « **syst_exploit** » : données générales qui caractérisent le système d'exploitation de l'exploitant (surface et nombre de parcelles, aides PAC, accès à la terre et situation foncière, investissement et extension de la parcelle étudiée, contraintes d'exploitation, formation, etc.)
- Feuille « **force_travail** » : comprend l'ensemble des données liées à la main d'œuvre (familiale et externe)
- Feuille « **gestion_arbres** » : recense les pratiques de coupe et de plantation des arbres ainsi que la présence de biodiversité animale.
- Feuille « **prod_arbres_fruitiers** » : données de production moyenne sur 2021 de l'ensemble des arbres fruitiers, quantité allouée à la vente, à l'autoconsommation et aux dons et échanges ainsi que le produit brut lié à la vente des fruits et celui lié à l'autoconsommation des fruits.
- Feuille « **prod_vivrier** » : données de production moyenne sur 2021 de l'ensemble des produits alimentaires vivriers, quantité allouée à la vente, à l'autoconsommation et aux dons et échanges ainsi que le produit brut lié à la vente des produits vivriers et celui lié à l'autoconsommation des produits vivriers.
- Feuille « **prod_fourrage** » : données de production moyenne sur 2021 de l'ensemble des productions fourragères cultivées, quantité allouée à la vente, à l'autoconsommation et aux dons et échanges ainsi que le produit brut lié à la vente de ces fourrages et celui lié à l'autoconsommation.
- Feuille « **prod_maraîchage** » : données de production moyenne sur 2021 de l'ensemble des produits maraîchers, quantité allouée à la vente, à l'autoconsommation et aux dons et

échanges ainsi que le produit brut lié à la vente des produits maraîchers et celui lié à l'autoconsommation des produits maraîchers.

- Feuille « **prod_fruitiers** » : données de production moyenne sur 2021 de l'ensemble des fruitiers (non arborés, ex : ananas, fruit de la passion), quantité allouée à la vente, à l'autoconsommation et aux dons et échanges ainsi que le produit brut lié à la vente des fruits et celui lié à l'autoconsommation des fruits.
- Feuille « **prod_aromatique** » : données de production moyenne sur 2021 de l'ensemble des productions aromatiques, quantité allouée à la vente, à l'autoconsommation et aux dons et échanges ainsi que le produit brut lié à la vente des productions aromatiques et celui lié à l'autoconsommation des produits aromatiques.
- Feuille « **SP_elevage** » : comprend les données relative au système d'élevage : Nombre d'animaux de chaque type d'élevage, conduite et prélèvement de fourrages.
- Feuille « **pratiques_outils_intrants** » : renseigne les pratiques dont à recours l'agriculteur (jachère, irrigation, taille, etc.), le matériel consommateur de carburant utilisé, les intrants (semences, fertilisants, produits phytosanitaires, etc.)
- Feuille « **revenu_fi** » : renseigne le produit brut calculé pour 2021 pour chaque type de production vendue et autoconsommée ainsi que le revenu financier total par surface (somme des produits bruts pour toutes les productions).
- Feuille « **jeux** » : comprend l'importance relative des différents usages des arbres dans le jardin mahorais par exploitant avec un classement des usages par type de service (production, environnemental, social).

Les prix de vente indiqués dans les données de production correspondent soit au prix de vente pratiqué par l'exploitant lorsque la donnée a pu être collectée, soit à une estimation du prix moyen de vente sur les marchés à partir des mercuriales 2022 de la DAAF Mayotte (DAAF Mayotte, 2022b).

c) Base de données de l'inventaire entomologique

Les données issues des inventaires entomologiques ont été numérisées puis organisées dans un fichier Excel accessible sur le Dataverse du CIRAD. Les données sont organisées sur différentes feuilles en fonction du type de données ainsi que de l'échelle à laquelle elles ont été collectées. Elle comprend à la fois des données brutes et des données calculées sur les insectes présents dans les SAFs.

Les différentes feuilles et les informations globales qu'elles contiennent sont décrites ci-dessous :

- Feuille « **inventaire_entomo_p_hote** » : Données de l'inventaire entomologique avec mention des espèces végétales sur lesquelles ont été observés les insectes lorsqu'il s'agit de leur plante hôte.
- Feuille « **inventaire_entomo_p_tot** » : Données de l'inventaire entomologique avec mention des espèces végétales sur lesquelles ont été observés les insectes, quelle que soit la relation entre l'insecte et la plante.
- Feuille « **pres_entomo_parcelle** » : Indique la présence (1) ou l'absence (0) des diverses espèces d'insectes inventoriés dans chaque parcelle.

d) Base de données des espèces mellifères

Les données issues des inventaires floristiques et entomologique, ainsi que des données sur le caractère mellifère des plantes inventoriées, ont été numérisées, combinées puis organisées dans un fichier Excel accessible sur le Dataverse du CIRAD. Les données sont organisées sur différentes feuilles en fonction du type de données ainsi que de l'échelle à laquelle elles ont été collectées. La base de

données comprend des données brutes sur le caractère mellifère des plantes inventoriées dans les SAFs et sur les insectes qui peuvent y être associés.

Les différentes feuilles et les informations globales qu'elles contiennent sont décrites ci-dessous :

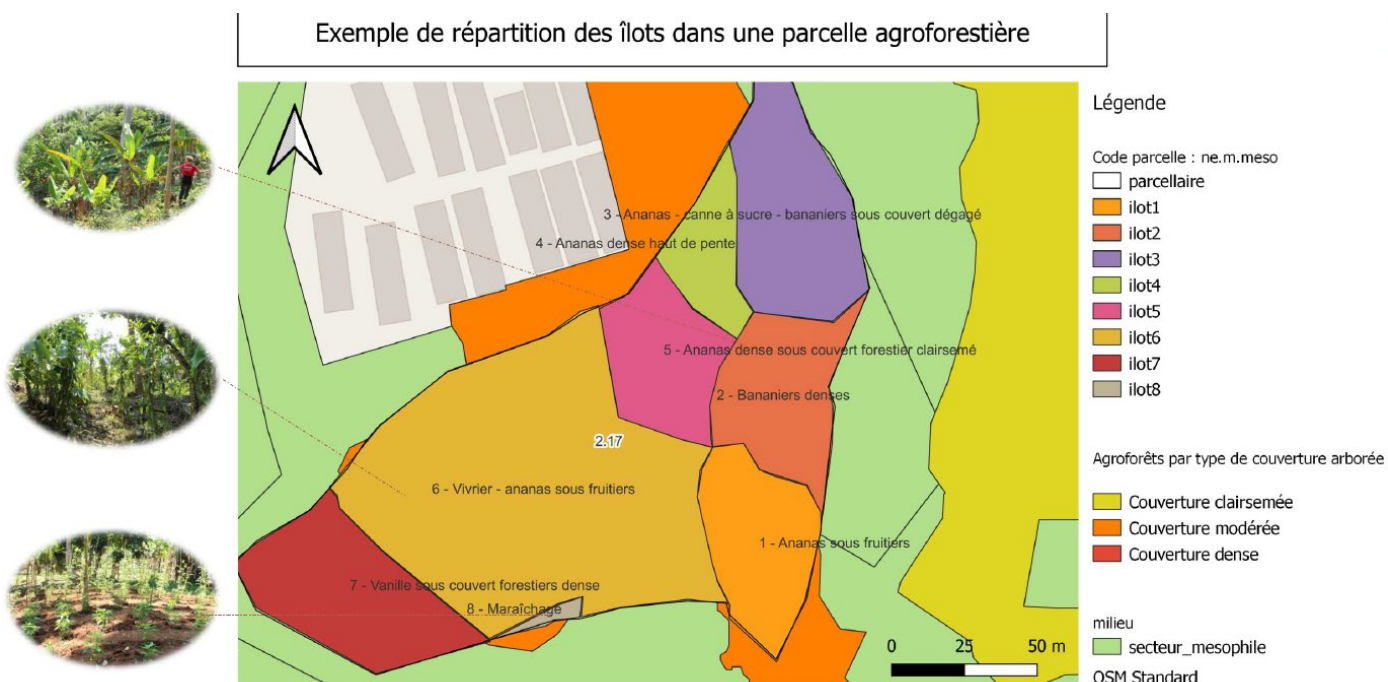
- Feuille « **inv_entomo_plantes** » : Données de l'inventaire floristique avec mention des insectes observés sur chaque espèce végétale.
- Feuille « **inv_entomo_plantes2** » : Données de l'inventaire floristique avec mention des insectes observés sur chaque espèce végétale, avec les espèces végétales présentes dans les SAFs pour lesquelles aucun insecte n'a été observé au moment des inventaires.
- Feuille « **mellifere** » : Données sur le caractère mellifère ou non des différentes plantes répertoriées dans les inventaires floristiques, ainsi que les ressources (pollen ou nectar) fournies aux abeilles par chaque espèce végétale.
- Feuille « **mel_detail** » : Bibliographie ou dires d'expert ayant servi à renseigner le caractère mellifère des plantes étudiées
- Feuille « **floraison** » : Cycles de floraison et de fructification des espèces végétales inventoriées.
- Feuille « **pres_entomo_p_hote** » : Indique la présence (1) ou l'absence (0) des diverses espèces d'insectes issues de l'inventaire entomologique sur les différentes espèces végétales répertoriées lorsqu'il s'agit de leur plante hôte.
- Feuille « **pres_entomo_p_tot** » : Indique la présence (1) ou l'absence (0) des diverses espèces d'insectes de l'inventaire entomologique sur les différentes espèces végétales répertoriées, quel que soit la relation entre l'insecte et la plante.

IV. Caractérisation de la diversité des systèmes agroforestiers

1. Objectifs et exploitation des données

Comme nous avons pu le décrire précédemment, les cultures au sein du jardin mahorais et leur répartition spatiale sont particulièrement hétérogènes et organisées sous la forme d'îlots (Cartographie 6). Par conséquent, pour plus de cohérence, les données collectées à l'échelle de l'îlot ont été exploitées à la même échelle : caractéristique du patrimoine arborée et inventaire des espèces (exploitées et non exploitées). Pour les données collectées à l'échelle la parcelle, comme la fonction des productions et leur destination, les données ont été transposées à l'échelle de l'îlot en considérant que le changement d'échelle n'influent pas sur l'usage des produits ni leur devenir. Les données concernant le type de milieu (xérophile, mésophile, hygrophile) ont été indiquées à l'échelle de la parcelle. Toutefois, le type milieu étant généralement étendu sur une zone plus large que l'îlot, nous avons considéré tous les îlots d'une parcelle comme appartenant au même type de milieu. Enfin, les données liées à la biodiversité ont été rassemblées pour créer un Indice de Biodiversité Potentielle à l'échelle de la parcelle. Ces données ont été analysées à l'échelle de la parcelle avec une adaptation à l'échelle de l'îlot que nous décrivons plus bas.

Cartographie 5 : Exemple de représentation d'une parcelle agroforestière



2. Des parcelles hétérogènes

L'ensemble des parcelles étudiées ont une superficie moyenne de 1.18 ha ($\sigma = 1.05$) et sont composées au minimum d'un îlot et au maximum de 11 îlots (Figure 10). Globalement le nombre d'îlots augmente avec la superficie de la parcelle (Figure 9).

Figure 9 : Nombre d'îlots en fonction de la surface des parcelles (Combeuil I., 2022)

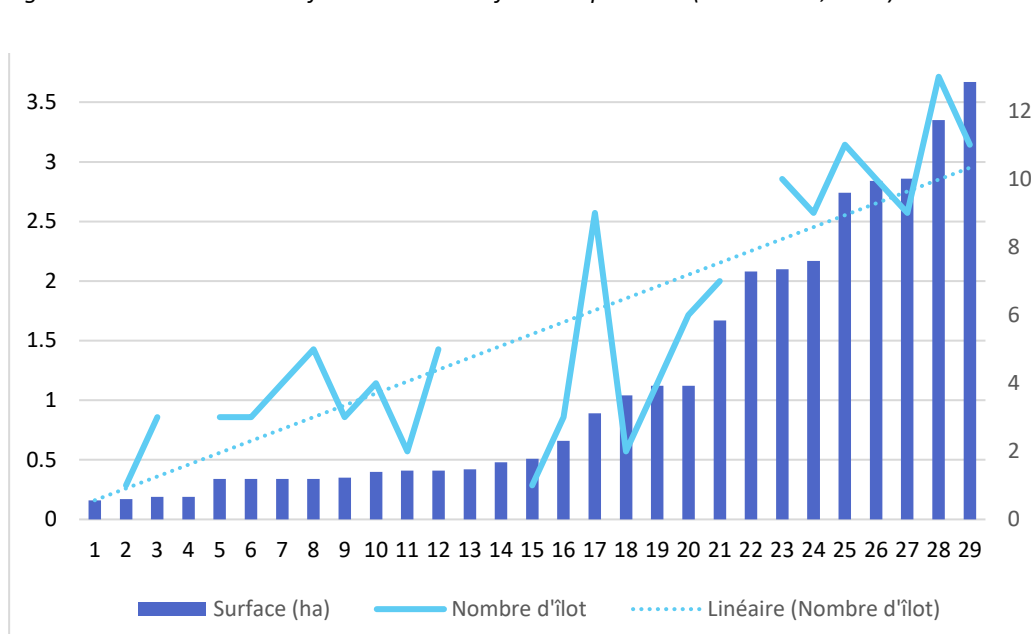
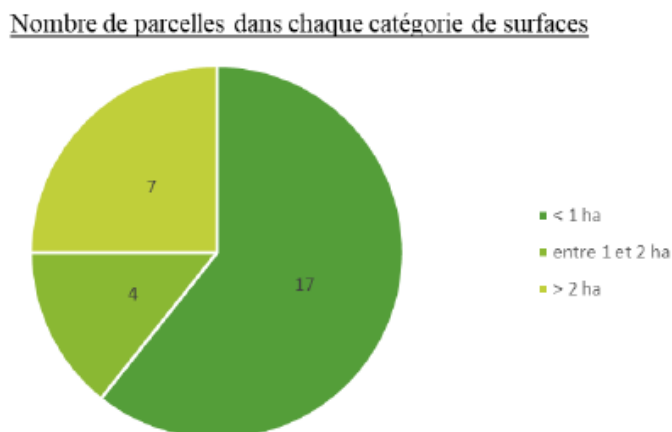


Figure 10 : Nombre de parcelles agroforestières par catégorie de surface (Magnant F. 2023)



Les relevés GPS nous ont permis de représenter cartographiquement la répartition des îlots au sein de la parcelles en indiquant l'association de culture dominante qui lui est liée (Cartographie 6). La plupart des îlots sont à vocation de production alimentaire en raison des espèces plantées et cultivées par l'agriculteur présentes dessus. Toutefois, notons que certains îlots n'ont pas nécessairement vocation à la production en raison de difficultés qu'il y a les exploiter ou parce qu'ils

sont utilisés pour un autre usage. En ce cas, on parlera d'îlots « support à la production ». Il peut s'agir par exemple :

- D'une zone de forêt non exploitée ;
- D'une friche ;
- D'un bord de parcelle ;
- D'une zone de bâtie, etc.

3. Analyse du patrimoine arboré

Notons que dans cette partie l'ensemble des résultats sont issus des travaux de Flore Magnant dans le cadre de son stage de fin d'étude réalisé au cf-UICN sur la caractérisation des SAFs mahorais.

a) Analyses statistiques

Parmi l'ensemble des variables issues des inventaires du patrimoine arboré et de la biodiversité des analyses statistiques descriptives ont été réalisées à l'aide du logiciel R Studio et d'Excel afin de déterminer les variables les plus explicatives de l'hétérogénéité des SAFs. Des analyses en composantes principales (ACP) incluant un grand nombre de variables ont été réalisées à l'aide du Logiciel R, avec le package FactoMineR (Lê et al., 2008) avec la fonction PCA(). Ces analyses ont notamment permis d'écartier certaines variables redondantes en prenant en compte la valeur de l'angle α formé par deux vecteurs ainsi que la longueur du vecteur de chaque variable sur le cercle des corrélations (Greenacre et al., 2022). Une fois les premières ACP réalisées avec toutes les variables, nous avons refait des ACP en enlevant celles qui n'apportent pas d'information. Ces analyses sont disponibles en ANNEXE 6.

Pour caractériser plus en détail les interactions entre les variables, des tests de corrélation ont été réalisés (ANNEXE 7). Pour les corrélations entre deux variables quantitatives, la régression linéaire simple a été utilisée ou le coefficient de corrélation linéaire r (Pearson) pour calculer la dépendance entre les deux variables. Lorsque les conditions de normalité et homoscédasticité étaient respectées, une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée. Les analyses de variances ont permis de déterminer quelles variables contribuent significativement à expliquer la différence entre deux modèles linéaires. Les variables les plus explicatives sont celles qui ont leur p-valeur la plus faible. Le seuil choisi est celui ordinaire de 5%. Lorsque les variables ne suivaient pas une Loi Normale, des test de corrélation non paramétriques ont été choisis pour identifier les corrélations comme le test de Spearman qui utilise le rang des données ou le test de Kruskal-Wallis. Pour tester la normalité des variables, des méthodes visuelles (diagramme en cloche et QQplot) et test de Shapiro ont été utilisés. Les analyses de corrélations sont réalisés avec les fonctions de base du logiciel R : `spearman()`, `pearson()`, `kruskal wallis()`, `lm`

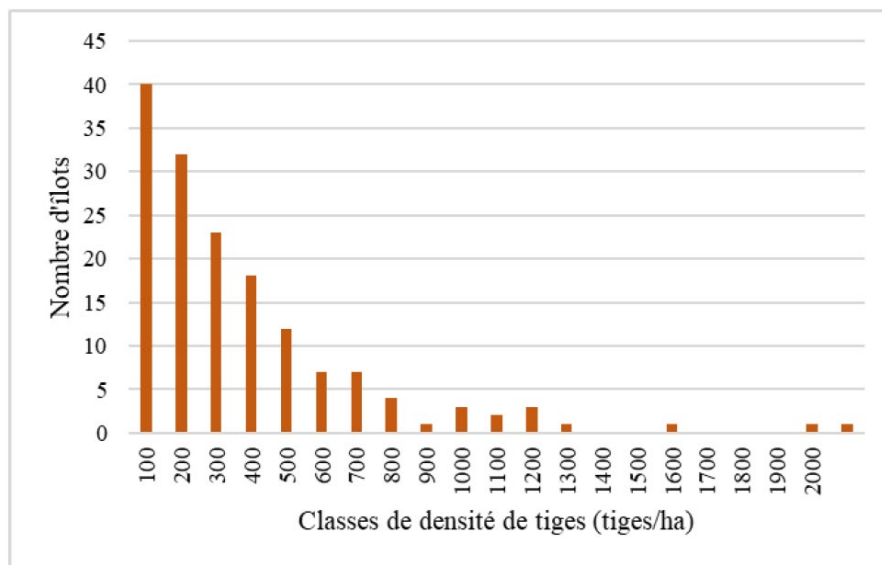
(), anova () (Ostertagová et al., 2014). Lorsque nous avons obtenu un résultat amenant statistiquement à une corrélation, celle-ci doit avoir une causalité compréhensive afin de ne pas être déconnectée de la réalité. Les interprétations des analyses ont été discutées avec plusieurs partenaires du projet (Magnant, 2023).

b) Caractéristiques du patrimoine arboré

Densité :

Si l'on observe la densité d'arbre au sein de l'ensemble des îlots étudiés, on constate que 75% des valeurs sont comprises entre 100 et tiges/ha et 454,2 tiges/ha. En moyenne la densité d'arbres sur les îlots est de 355 tiges/ha (Figure 11).

Figure 11 : Effectifs d'îlots en fonction de la densité de tiges par hectare (Magnant F., 2023)



Surface terrière :

La surface terrière a été calculée à l'échelle de l'îlot. La surface terrière d'un peuplement, correspond à la surface de toutes les sections transversales des troncs, à 1,30 m de hauteur, des arbres présents sur un hectare de forêt (CNPF, 2021).

Surfaces terrières (Équation 1) : $S(\text{îlot}) = 10000 * \frac{\sum \pi * D^2}{S(\text{placette})}$

$$S(\text{îlot}) = \frac{10000 * \sum \frac{\pi * D^2}{4}}{S(\text{placette})}$$

Équation 1: Calcul de la surface terrière

Avec :

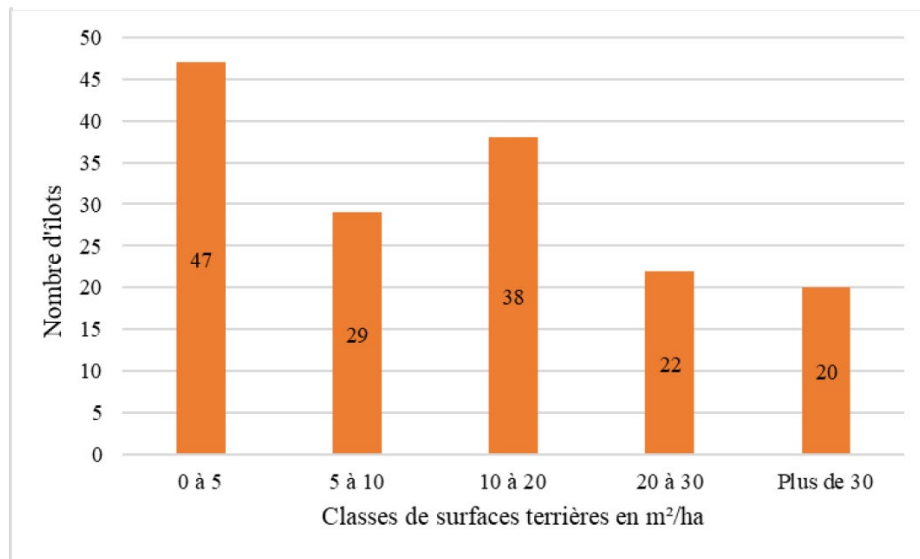
D : diamètre des arbres (m)

S (placette) : surface de la placette en m²

Beaucoup d'îlots ont une faible surface terrière mais les valeurs restent très variées (Figure 12). Elles oscillent entre 0 et 145 m²/ha avec une moyenne de 16m²/ha (écartype = 18,7). Une partie

non négligeable d'îlots ont une surface terrière importante (27% des îlots ont une surface terrière supérieure à 20m²/ha).

Figure 12 : Nombre d'îlots par classe de surfaces terrières (Magnant F., 2023)

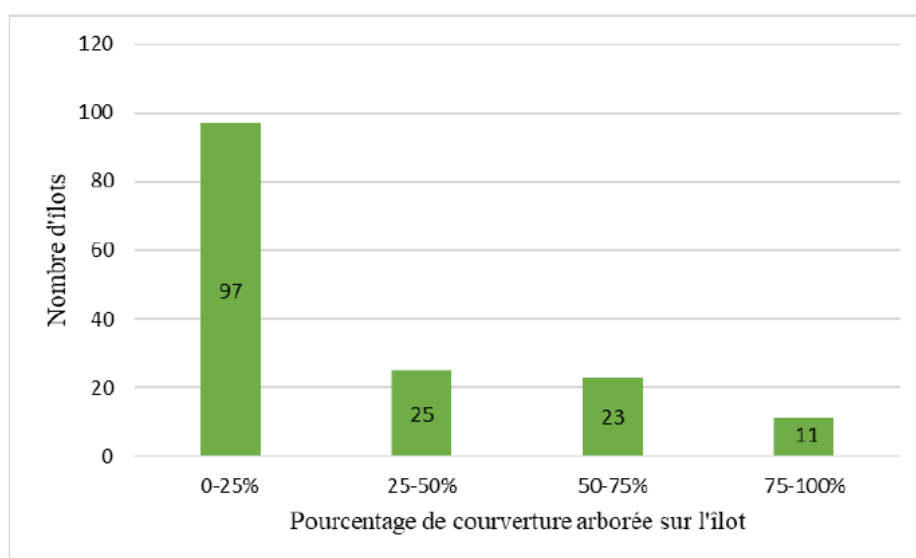


Par ailleurs, la corrélation entre la surface terrière et le nombre de tiges à l'hectare est moyenne à forte ($cor = 0,7$, $p_value = 2.2e-16$) d'après le test de Spearman (ANNEXE 7).

Couverture arborée :

La majorité des îlots ont un indice de couverture arboré inférieur à 25% (Figure 13). En effet, il y a un fossé entre les couverts très légers et les autres types de couverts. 59 îlots ont une couverture arborée supérieure à 25% pouvant aller jusqu'à des couverts très denses.

Figure 13 : Nombre d'îlots dans chaque intervalle de couverture arborée (Magnant F., 2023)



Indicateurs choisis :

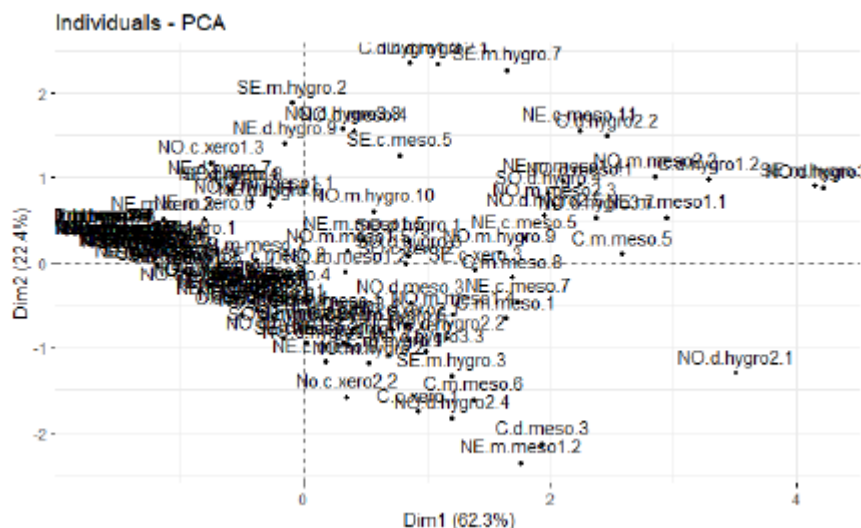
Pour caractériser les SAFs en fonction de leur patrimoine arboré, nous avons utilisé la densité de tiges, l'indice de couverture arboré et le pourcentage en essences forestières. Nous avons écarté la surface terrière de nos indicateurs.

La surface terrière est suffisamment liée au nombre de tiges par hectare sur l'îlot pour catégoriser le patrimoine arboré uniquement avec le couvert et la densité d'arbres. En effet, nous avons pu le voir sur la première ACP le lien entre les variables puis vérifier avec un test de corrélation que la surface terrière et la densité d'arbres ont une corrélation moyenne à forte ($cor = 0,7$, $p_value = 2.2e-16$) d'après le test de Spearman (ANNEXE 7). Nous enlèverons donc la surface terrière pour nos analyses en considérant que la surface terrière n'apportera pas beaucoup plus d'informations pertinentes pour analyser l'îlot en termes de patrimoine arboré.

Concernant l'indice de couverture arboré et la densité d'arbres, ces variables sont moins corrélées entre elles ($cor = 0,36$, $p_value = 2.341e-07$), ainsi nous garderons ces deux indicateurs pour caractériser l'importance relative de la présence des arbres sur un îlot.

Nous avons prévu dans la pré-typologie de caractériser la couverture arborée selon deux modalités : dense ou peu dense (ANNEXE 1). Or, des résultats des ACP et des observations de terrain, il nous a semblé plus pertinent de définir trois modalités. Sur le graphique des individus, nous pouvons observer la répartition des îlots selon les axes 1 et 2 de l'ACP (Figure 14). L'axe vertical représente principalement le pourcentage de couverture arboré et l'axe horizontal la densité de tiges par hectare. Nous pouvons voir que les îlots à petite densité sont assez regroupés. En revanche, nous pouvons voir qu'il y a des îlots plutôt denses qui peuvent avoir soit une couverture forte soit plutôt faible.

Figure 14 : Graphique des individus de l'ACP sur le patrimoine arboré (Magnant F., 2023)



De plus, ces tendances observables avec l'ACP sont cohérentes avec la réalité du terrain observée. En effet, certains îlots semblent avoir une forte densité d'arbres avec un couvert arboré très « fermé » (couvert dense), alors que d'autres semblent avoir aussi une forte densité mais avec une couverture plus ouverte. Nous avons donc des îlots qui se distinguent par une faible densité d'arbres et une couvert arborée également faible. Ces îlot n'ont en aucun cas une forte couverture arborée. Deux autres types d'îlots se distinguent, l'un avec une forte densité d'arbres mais un couvert relativement faible et l'autre avec une forte densité d'arbres et couvert arboré également important. Les trois types de d'îlots du point de vue du patrimoine arboré sont décrit ci-dessous :

Tableau 13 : Première ébauche des trois types de SAF (Magnant F., 2023)

Type 1	Type 2	Type 3
Faible nombre de tiges à l'ha	Fort nombre de tiges à l'ha	Fort nombre de tiges à l'ha
Faible couvert arboré	Couverture arborée faible	Fort couvert arboré

Nous avons ensuite cherché à fixer des seuils pour définir plus précisément les modalités de ces trois catégories. La démarche a consisté à tester plusieurs mesures seuils puis à analyser si les groupes d'îlots agroforestiers semblaient homogènes entre eux de part et d'autre de ce seuil.

Nous n'avons pas trouvé de délimitation statistiquement nette entre les différents systèmes hypothétiques. Les seuils ont été fixés de façon empirique puis discutés.

Densité : En recueillant des avis d'experts et en prenant compte de la réalité du terrain, un seuil de 200 tiges/ha a été fixé pour discriminer les systèmes ayant une densité d'arbres faible (Type 1) de ceux avec une densité élevée (Type 2 et 3). Le seuil de densité permet ainsi de discriminer les îlots à fort ou faible maintien de l'arbre.

Couvert : Pour discriminer les îlots très forestiers, c'est l'indice de couverture arboré qui est important. Le seuil est fixé à 50% pour correspondre aux dires d'expert et assurer une continuité relative avec les textes actuels (Tableau 14).

Tableau 14 : Fixation des seuils de densité et de couverture pour les trois types de SAF (Magnant F., 2023)

Type 1	Type 2	Type 3
Moins de 200 tiges/ha	Plus de 200 tiges/ha	Plus de 200 tiges/ha
0-25% couverture arborée	Couverture arborée variable	Plus de 50% de couverture arborée

Avec cette catégorisation, nous pensions que le type 3 représenterait les systèmes facilement identifiables sur le terrain de type « culture sous couvert forestier », la culture en question à Mayotte pouvant être de la vanille, du cacao, du gingembre ou encore du curcuma avec des arbres que l'on peut retrouver en forêt. Nous pensions aussi que le type 2 allait représenter des îlots à majorité de fruitiers, s'éloignant davantage de la structure d'une forêt que le type 3. Or, en classant nos différents îlots dans ces différents types, nous nous sommes rendu compte que le pourcentage de couverture arborée ne suffisait pas pour isoler ces types de systèmes agroforestiers. En effet, se retrouvent dans le type 3 des îlots avec la présence d'arbres à fort couvert (comme l'arbre à pain - *Artocarpus altilis*) mais pas représentatifs du type d'îlot sous couvert forestier comme nous l'imaginions originellement (à dynamique et ambiance forestière). Les îlots majoritairement composés d'essences fruitières peuvent avoir une couverture assez variable notamment à cause du jacquier ou du manguier (arbres avec un port étalé et particulièrement fourni). Certains de ces îlots présentent une forte densité et une forte couverture, or ils sont pourtant loin de correspondre à une ambiance de forêt secondaire.

Nous avons donc analysé si le pourcentage d'essences forestières était lié avec la couverture arborée. Le résultat du test de Spearman indique une corrélation de 0,04. Par conséquent, nous réfutons l'hypothèse : « les îlots avec la couverture la plus élevée correspondent en majorité aux îlots avec les essences forestières ». Il semble donc intéressant d'intégrer un indicateur de présence d'essences forestières pour qualifier un îlot de « forestier » (Tableau 15). La valeur choisie pour le pourcentage d'essences forestières sera de 50% en cohérence avec la définition actuelle de l'arrêté préfectoral portant sur les dispositions réglementaires spécifiques aux biens forestiers et agroforestiers de Mayotte (DAAF - SDTR, 2015). Cette définition vise à maintenir la forêt et en fixant ce seuil de 50% d'essences forestières nous intégrons la possibilité de mettre en valeur les îlots de type 3 dans les zones soumises au régime forestier. En revanche, les autres types de SAF en sont exclus (type 1 et 2). La liste des essences forestières que nous avons défini est indiquée en ANNEXE 9.

Tableau 15 : Ajout de l'indicateur essences forestières dans la typologie des SAFs (Magnant F., 2023)

Type 1	Type 2	Type 3
<ul style="list-style-type: none"> • Moins de 200 arbres/ha • 0 à 25% de couverture arborée 	<ul style="list-style-type: none"> • 200 arbres/ha ou plus • Couverture arborée variable 	<ul style="list-style-type: none"> • 200 arbres/ha ou plus • 50 à 100% de couverture arborée • 50% d'essences forestières

Avec ce classement (1, 2 et 3), nous avons constaté que certains îlots ne correspondaient pas à la catégorie qui leur avait été attribuée lors de nos observations sur le terrain, en raison de leurs caractéristiques particulières. Ces îlots présentaient une faible densité, mais une couverture arborée élevée. Nous expliquons cette problématique issue du classement statistique par la rareté de certaines cultures telles que l'ylang-ylang ou le litchi. Ces cultures sont très peu représentées dans notre échantillon par conséquent, nous avons décidé d'intégrer ces spécificités dans la catégorie 2. En effet, bien que la densité de 200 tiges/ha ne soit pas atteinte, l'arbre est bien valorisé dans ces îlots. Ce sont des arbres avec une canopée importante qui apportent beaucoup de couvert. Pour conclure, nous proposons donc un classement des îlots selon 3 catégories d'agroforesterie basées sur l'importance de couverture arborée et de densité d'arbres (Tableau 16). Les analyses d'inventaire ne nous permettent pas de choisir une densité d'arbre ni une couverture arborée en dessous de laquelle ce ne serait pas un SAF. Nous n'avons donc pas établi de seuil limite.

Tableau 16 : Résumé des indicateurs de patrimoine arboré retenus pour la typologie (Magnant F., 2023)

Type 1	Type 2		Type 3
	2.1	2.2	
<ul style="list-style-type: none"> • Moins de 200 arbres/ha • 0 à 25% de couverture arborée 	<ul style="list-style-type: none"> • 200 arbres/ha ou plus • 0 à 25% de couverture arborée 	<ul style="list-style-type: none"> • Moins de 200 tiges/ha • 25% de couverture arborée ou plus 	<ul style="list-style-type: none"> • 200 arbres/ha ou plus • 50% d'essences forestières • 50 à 100% de couverture arborée

4) Analyse du milieu et de la biodiversité

a) Construction de l'Indice de Biodiversité Potentielle

Pour calculer un indice de biodiversité potentielle, il faut définir des scores pour toutes les variables supplémentaires récoltées. Par exemple, un îlot qui compterait 5 gros bois compterait 5 points en plus dans le score de biodiversité globale. Dans le protocole original : « *Une note entre 0 et 5 est donnée pour chacun des facteurs selon une échelle de valeurs établie "à dire d'expert". La notation essaye de tenir compte des différences entre les communautés dont la richesse augmente avec la taille du facteur (par exemple avec le volume total de bois mort à l'hectare) et celles qui réagissent à la diversification du facteur (par exemple la nature des plans d'eau). La somme des notes permet ensuite d'apprécier la diversité globale par rapport à un niveau de biodiversité maximale théorique.* » (Larrieu et Gonin, 2010). Pour notre protocole, nous avons attribué des échelles de notations (ANNEXE 10) qui ne sont pas extrêmes pour rester dans des résultats de scores raisonnables. Les pondérations utilisées ne correspondent peut-être pas à la réalité (car elles n'ont pas été réfléchies à dire d'expert) mais l'objectif étant de comparer les parcelles entre elles, les résultats pourront être utilisables. En revanche, nous ne pourrions pas utiliser ce

protocole de scorage pour d'autres études que celle-ci. Le tableau résume les variables que nous avons pour qualifier la biodiversité (Tableau 13).

Tableau 17 : Variables utilisées pour l'analyse de la biodiversité à l'échelle de la parcelle (Magnant F., 2023)

Variable	Mode d'obtention	Unité	Identifiant
Nombre d'essences autochtone	Variable mesurée	SU	nb espece autoch
Type de zone humide présente	Variable mesurée	SU	type_ZH
Distance à la parcelle de la zone humide	Variable mesurée	m	dist_ZH
Présence d'une forêt dense à proximité de la parcelle	Variable mesurée	SU	presence_foret
Distance de la forêt dense à la parcelle	Variable mesurée	SU	dist_foret
Indication de la présence de blocs de pierre avec une partie immergé de plus d'1m de diamètre	Variable mesurée	SU	presence_blocs
Présence de haie dense	Variable mesurée	SU	presence_haie
Nombre de strate présente sur la parcelle	Variable mesurée	SU	nb_strate
Nombres d'arbres mort sur la parcelle	Variable mesurée	SU	nb_arbre_mort
Nombre de gros bois sur la parcelle	Variable mesurée	SU	nb_arbres_GB
Présence d'andains : assemblage de rémanents de culture en parallèle de la pente	Variable mesurée	SU	presence_andains
Présence de végétation non cultivée	Variable mesurée	SU	presence_vege_spont
Type de végétation non cultivée présente	Variable mesurée	SU	type_vege_spont
Utilisation de produit phyto	Variable mesurée	SU	phyto
Nombre d'arbres porteurs de microdendrohabitat	Variable mesurée	SU	nb arbres microhabita ts
Liste des type de dendromicrohabitats	Variable mesurée	SU	type_microhabitat
Score obtenu au calcul de l'IBP	Variable calculée	SU	score_ibp_parcelle

Après avoir donné un score à chaque paramètre du protocole d'indice de biodiversité potentielle, le score total obtenu pour chaque parcelle a été calculé en le ramenant à la surface de la parcelle (Magnant, 2023). Nous avons décidé de caractériser aussi la biodiversité à l'échelle de l'îlot sans avoir réalisé un protocole spécifique de terrain. Nous sommes restés dans la même logique qu'à l'échelle de la parcelle en s'inspirant de la méthode de l'Indice de Biodiversité Potentielle. Parmi les données inventoriées sur le terrain, nous avons choisi celles qui nous paraissaient pertinentes pour caractériser la biodiversité à l'échelle de l'îlot (ANNEXE 11). En complément des données mesurées, nous avons calculé certaines variables à intégrer dans le calcul de l'IBP. La présence de forêt ou de rivière à proximité de la zone d'étude, indiqué à l'échelle de la parcelle a été gardé pour estimer l'IBP à l'échelle de l'îlot en faisant l'hypothèse que leur présence a une influence sur n'importe quel îlot de la parcelle étant donné la petite taille des parcelles (environ 1ha).

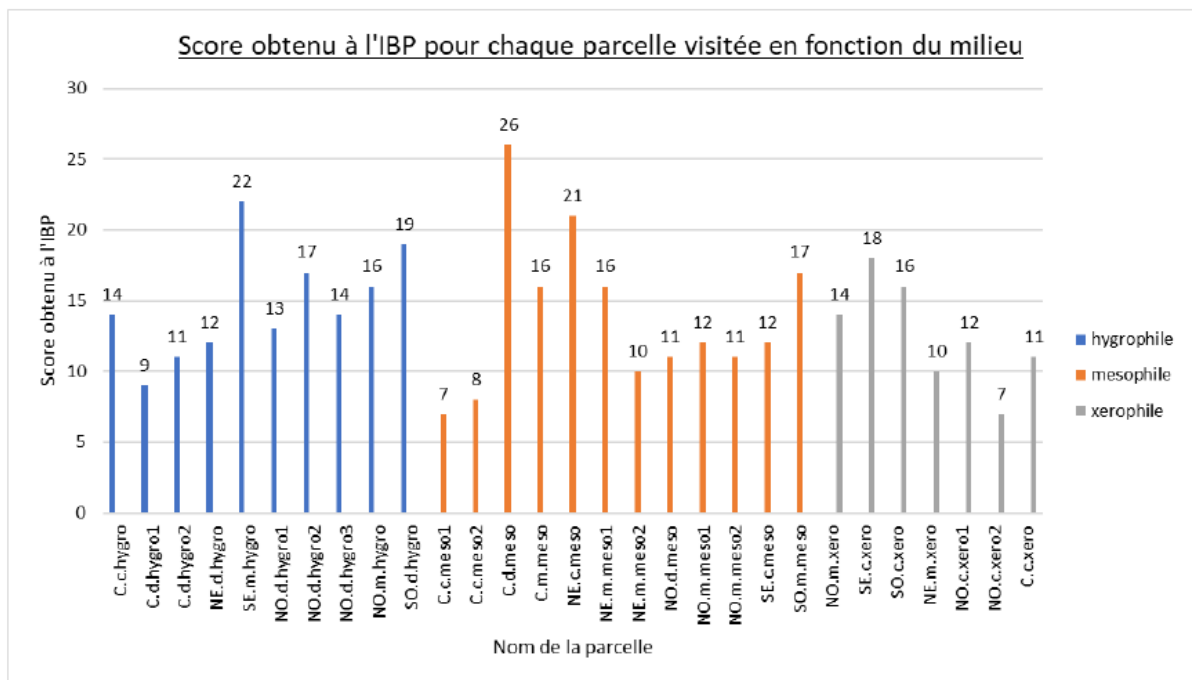
Tableau 18 : Liste des variables utilisées pour l'analyse de biodiversité à l'échelle de l'îlot (Magnant F., 2023)

Variable	Mode d'obtention	Unité	Identifiant
% de haie	Variable mesurée	%	% haie
% d'essences envahissantes sur l'îlot en richesse spécifique	Variable calculée	%	EEE_rs
% d'essences envahissantes sur l'îlot en nombre de tiges	Variable calculée	%	EEE_nb_tiges
Richesse spécifique de la strate arborée pour les espèces spontanées	Variable calculée	SU	rs_spont
Indice de Shannon de la strate arborée pour les espèces spontanées	Variable calculée	SU	shan_spont
Volume de bois mort au sol	Variable calculée	m ³ /ha	VBM
Présence d'une rivière à proximité	Variable mesurée	SU	presence_riviere
Présence d'une forêt à proximité	Variable mesurée	SU	presence_foret

b) Analyses de la biodiversité : échelle parcelle

Dans notre échantillon, nous n'avons pas observé de différence significative entre un score de biodiversité en milieu xérophile, mésophile ou hygrophile (pvalue = 0,65) (Figure 15).

Figure 15 : Histogramme des scores obtenus à l'IBP pour chaque parcelle en fonction du milieu (Magnant F., 2023)



N'ayant pas pu classer les parcelles entières dans une catégorie de système agroforestier, il est difficile d'exploiter les données du protocole d'IBP réalisé sur le terrain. En effet, nous n'avons pas de moyens de comparaison à l'échelle de la parcelle. Il ne serait pas pertinent de faire une moyenne de la densité ou de la couverture arborée pour le ramener à l'échelle de la parcelle. Les données de patrimoine arboré n'étant pas à la même échelle que celle de l'IBP, il est difficile

d'exploiter l'inventaire de biodiversité réalisé à l'échelle de la parcelle. Nous ne pouvons pas faire de lien direct entre le score obtenu à l'IBP et la parcelle étudiée.

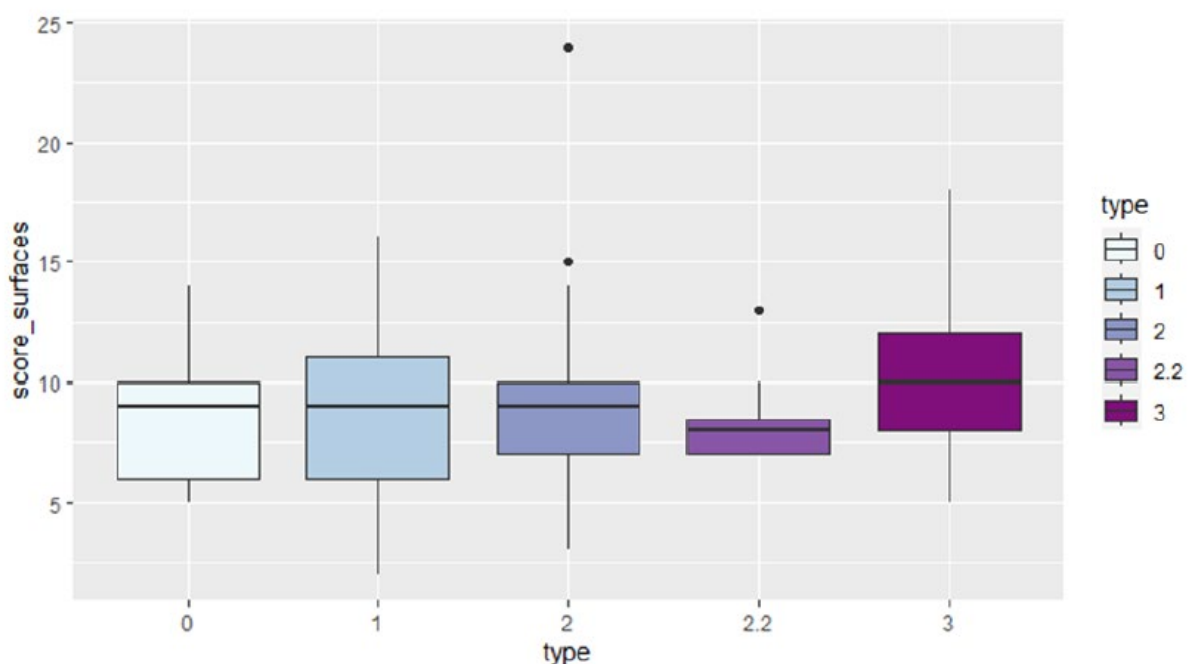
c) Analyse biodiversité : échelle îlot

La variable quantitative à expliquer est le score de biodiversité et la variable explicative est le type d'agroforesterie. Il s'agit d'une variable qualitative prenant 4 valeurs (ou 4 modalités) : « type 1, type 2, type 2.2, type 3 ». Nous pouvons observer une tendance d'un score plus élevé pour les îlots de type 3 (Tableau 19 ; Figure 17). Cependant, la corrélation n'est pas significative (pvalue = 0,6157) pour pouvoir faire un lien direct entre le type de SAF et le score de biodiversité. Par conséquent, le score obtenu pour chaque îlot en termes de « biodiversité » n'est pas corrélé au type d'agroforesterie dans lequel il se trouve.

Tableau 19 : Moyenne des scores obtenus à l'IBP pour chaque type de SAF (Magnant F., 2023)

Étiquettes de lignes	Moyenne du score IBP	Écartype du score IBP
1	8,92	3,43
2.1	9,03	3,26
2.2	8,50	2,07
3	10,56	3,81

Figure 16 : Score obtenu à l'IBP en fonction du type de SAF (Magnant F., 2023)



Nous avons donc essayé de chercher des corrélations en regardant certaines variables une à une (ANNEXE 6).

- Le volume de bois mort trouvé dans les îlots n'est pas lié à la proportion d'arbres dans l'îlot (pvalue = 0,99), nous rejetons donc H0 : « Il y a un lien entre le volume de bois mort et la densité de tiges ».
- Le nombre d'espèces indigènes non plus n'est pas lié à la proportion d'arbres.

- Pour les indices de biodiversité communément utilisés comme l'indice de Shannon et richesse spécifique, il n'y a pas de corrélation entre leur valeur et le maintien de l'arbre dans l'îlot.

Les analyses descriptives (Excel et ACP) ne nous permettent donc pas de faire des corrélations directes entre le type d'îlot/parcelle et les indicateurs de biodiversité. Nous n'ajouterons alors aucun indicateur de biodiversité dans la typologie des systèmes agroforestiers de Mayotte.

d) Analyse du milieu

Nous avons émis l'hypothèse dans la pré-typologie que le milieu pouvait prédire le type de système agroforestier rencontré. Concernant la structure de la strate arborée, la densité de tiges sur un îlot n'est pas significativement corrélée au type de milieu (Figure 18). Pour l'indice de couverture arborée, nous retrouvons des îlots hygrophiles et mésophiles avec n'importe quel indice de couverture. De plus, il n'y a pas d'îlot xérophile avec une couverture arborée de plus de 50% (Figure 19).

Figure 17 : Boxplot des densités de tiges par hectare en fonction du milieu (Magnant F., 2023)

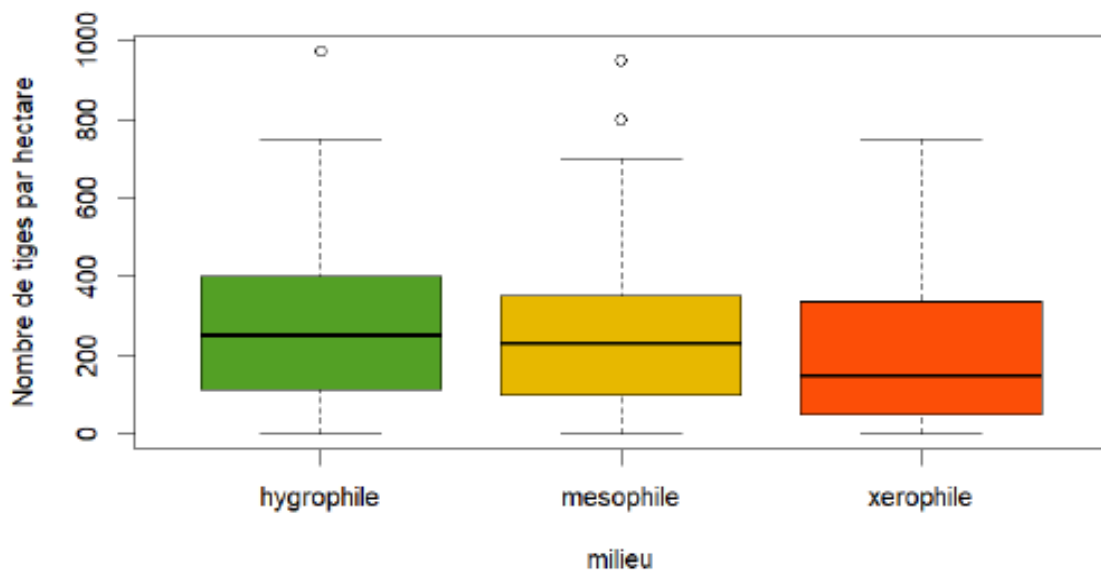


Figure 19 : Nombre d'îlots pour chaque indice de couverture arborée en fonction du milieu (Magnant F., 2023)

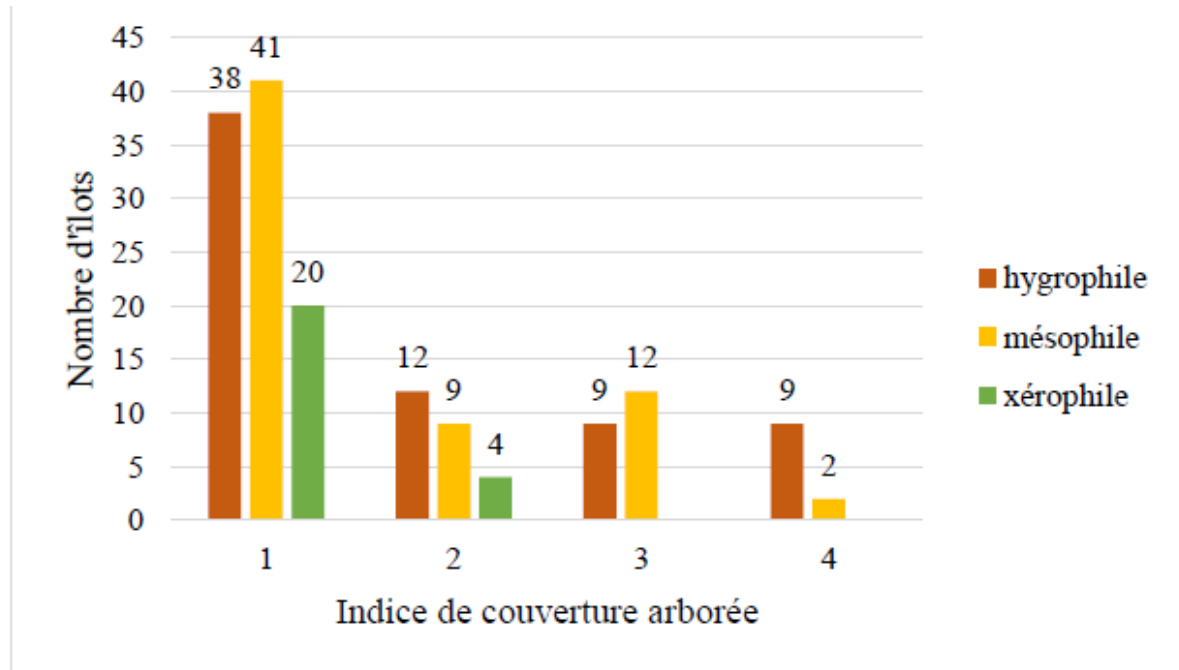
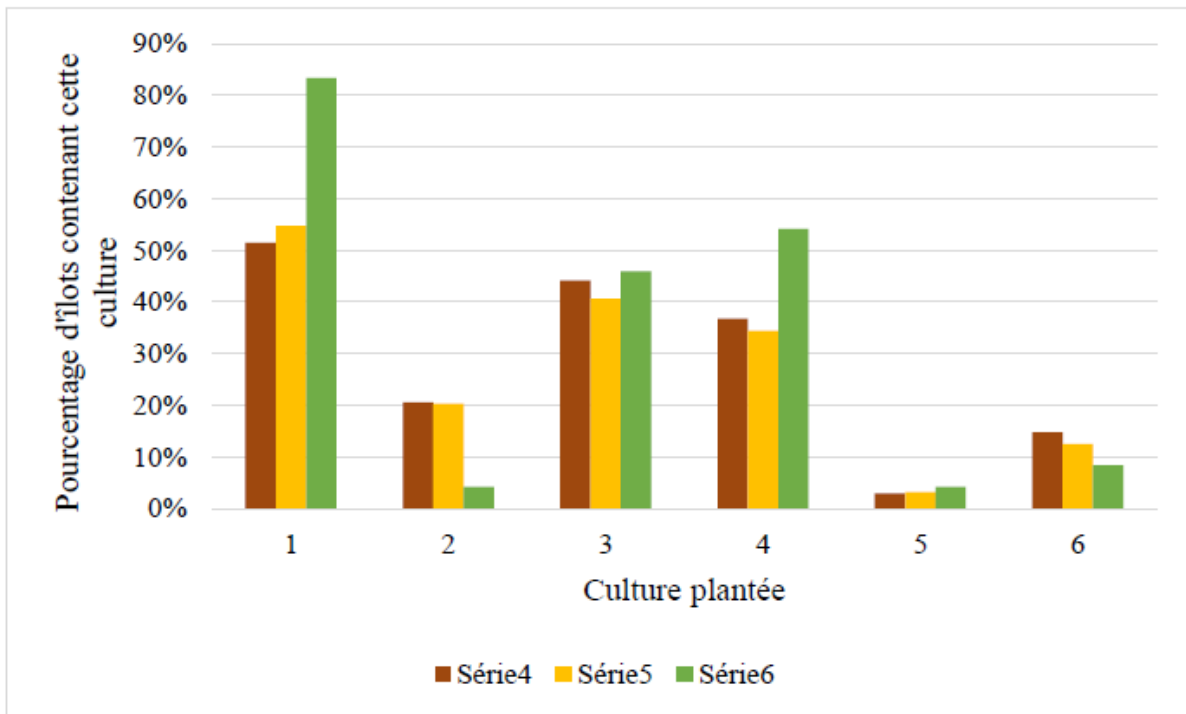
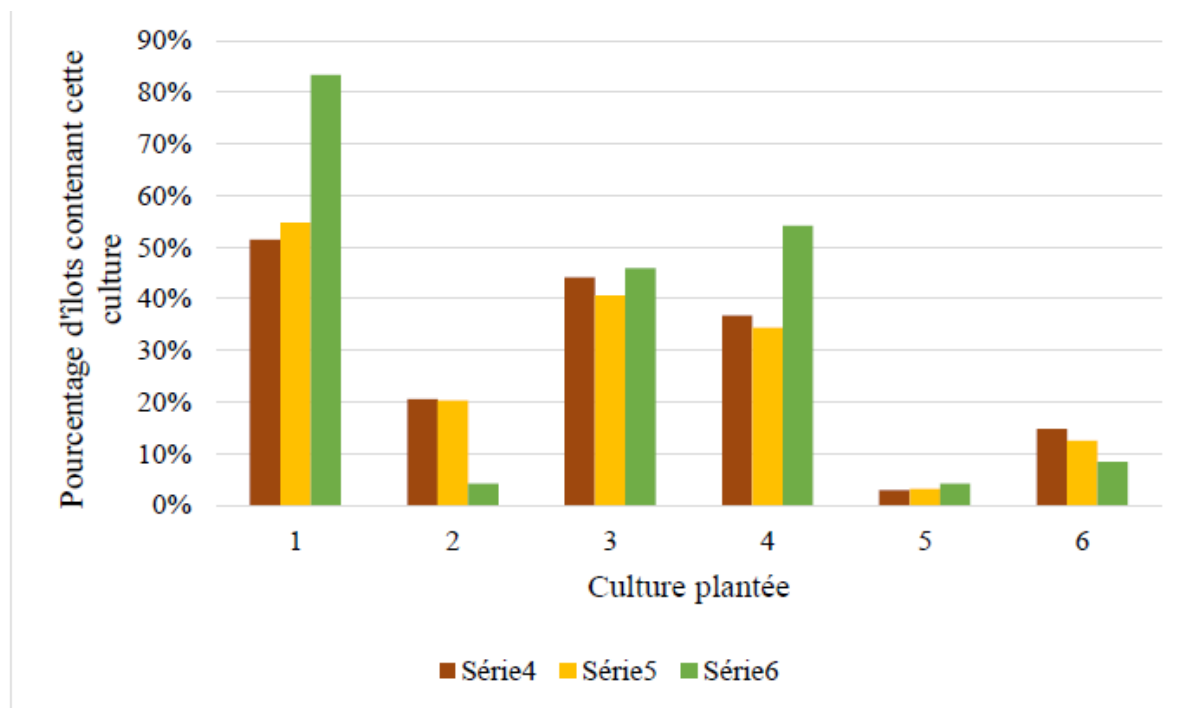


Figure 18 : Pourcentage d'îlots contenant la culture pour chaque type de milieu (Magnant F., 2023)



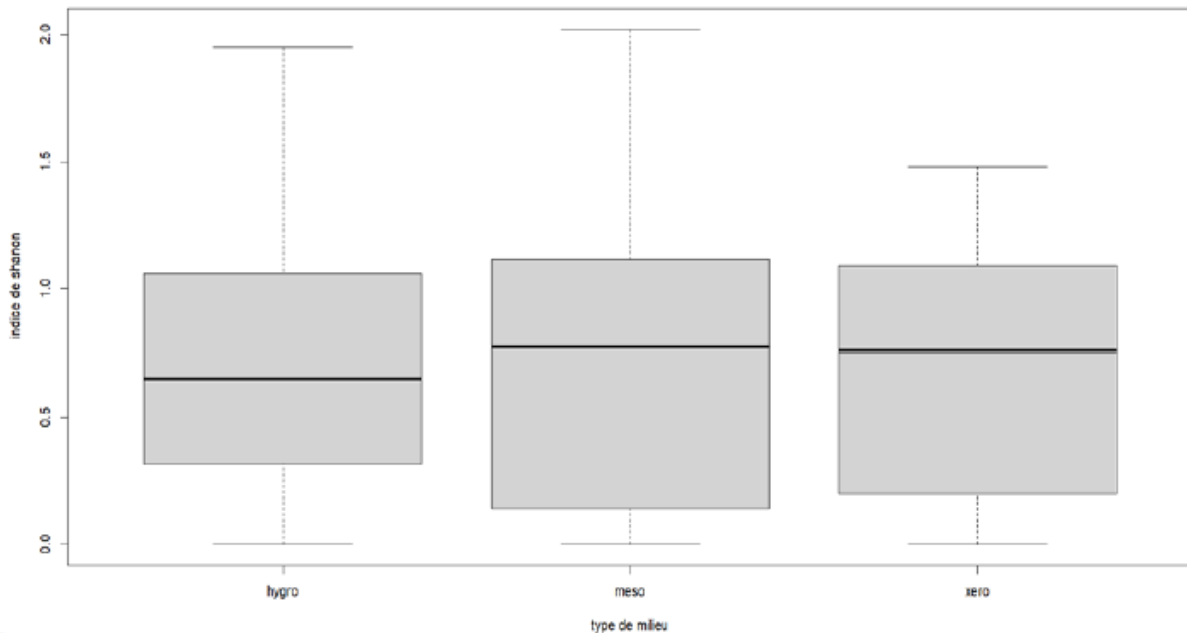
Nous avons vérifié si les associations de culture étaient plus diversifiées ou non en fonction du milieu. Il n’y a pas de différence significative entre la richesse spécifique toute strate confondue des espèces cultivées entre les 3 types de milieux. Nous pouvons rencontrer autant d’espèces sur un îlot xérophile qu’hygrophile. Concernant les espèces majoritaires cultivées, on les retrouve sur tous les types de milieu. L’agriculteur ne réfléchit donc pas sa stratégie en fonction du milieu sur lequel il se trouve et a un fort contrôle sur les espèces présentes sur sa parcelle. Pour la strate herbacée, on peut voir par exemple que le pourcentage d’îlots composé principalement de manioc est le même peu importe le type de milieu (environ 45% des îlots inventoriés contiennent du manioc dans n’importe quel type de milieu) (Figure 20).

Figure 20 : Pourcentage d’îlots contenant la culture pour chaque milieu (Magnant F., 2023)



La richesse spécifique (nombre d’espèces) des espèces spontanées et l’indice de Shannon ne sont pas significativement différents selon le type de milieu (Figure 21). Nous trouvons autant d’espèces spontanées, en nombre d’espèces ou en nombre de tiges, dans un milieu xérophile qu’hygrophile. Les SAFs sont donc très anthropisés, en condition naturelle nous aurions probablement des différences de diversité (comme nous pouvons en avoir entre des forêts humides et des forêts sèches). Le type de milieu n’influe pas sur la diversité des espèces spontanées présentes sur les parcelles, cette caractéristique n’est donc pas discriminante pour distinguer plusieurs parcelles agroforestières sur le plan de la diversité.

Figure 21 : Indice de Shannon pour les espèces spontanées toute strate confondue en fonction du milieu (Magnant F., 2023)



Il n’y a que pour les milieux xérophiles où nous retrouvons des configurations particulières (pas de fort couvert arboré) mais cela sera reflété dans le choix des indicateurs de patrimoine arboré. Pour les SAFs avec une couverture arborée importante, une densité forte et beaucoup d’essences forestières présentes, il sera donc spécifié que ces SAFs se retrouvent rarement sur milieu xérophile et souvent en milieu hygrophile. Le milieu n’est donc pas un indicateur significativement pertinent pour discriminer certains types de systèmes agroforestiers dans le contexte de Mayotte. Même sur des îlots en milieu hygrophile, nous retrouvons beaucoup de systèmes se dirigeant vers de la monoculture ou des mélanges bananes manioc privilégiés aujourd’hui pour répondre aux besoins de production. Par ailleurs, les systèmes de culture composés principalement de Plantes Aromatiques à Parfum et Médicinales (PAPAM) sont majoritairement sur les îlots hygrophiles. Finalement, nous avons pour chaque milieu le pourcentage d’îlot de chaque type de SAF en fonction du

Tableau 20 : Pourcentage de chaque type de SAF (en % d’îlots) dans chaque milieu (Magnant F., 2023)

Type \ Milieu	0	1	2 (2.1 et 2.2)	3
Hygrophile	12%	19%	60%	9%
Mésophile	11%	38%	47%	5%
Xérophile	8%	46%	46%	0%

milieu (Tableau 2).

5) Analyse des aspects agronomiques et économiques

a) Fonction des productions

Notons que l’ensemble des productions recensées dans les SAFs sont des espèces exploitées pour l’alimentation. Les fonctions des productions déclarées par les agriculteurs concordent avec les

hypothèses posées dans la pré-typologie. L'exploitation de bois, d'espèces utilisées pour la pharmacopée ou pour l'ornement sont relativement rares. A partir des enquêtes, nous avons pu regrouper l'ensemble des productions alimentaires déclarées par type de fonction, comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau 21 : Principales fonctions des productions dans les SAFs

Type de production	Exemples de produits concernés	Fonction principale
Vivrier	<i>Manioc, banane, fruit à pain, etc.</i>	Alimentation humaine en consommation directe
Maraîchage	<i>Tomates, piment, choux, etc.</i>	
Fruitier	<i>Agrumes, coco, ananas, etc.</i>	
Plantes Aromatiques à Parfum et Médicinales	<i>Vanille, poivre, ylang-ylang, etc.</i>	Alimentation humaine ou cosmétiques en produits transformés
Fourrage	<i>Canne fourragère, brachiaria, avocat marron, etc.</i>	Alimentation animale

Les produits ayant pour fonction l'alimentation humaine cosmétique en produits transformés ont la particularité de nécessiter une phase de transformation avant de pouvoir être consommé (séchage, distillation, etc.) à la différence des produits ayant pour fonction l'alimentation en consommation directe qui sont souvent consommés frais.

b) Destination des productions

Dans les enquêtes, les exploitants ont déclaré allouer leurs productions soit à la vente, soit à l'autoconsommation, soit aux dons et échanges. Les dons et échanges sont souvent à destination de la famille ce qui rend fine la limite entre autoconsommation, dons et échanges. Par conséquent, pour des raisons de simplification, nous avons choisi d'intégrer les dons et échanges dans l'autoconsommation. La part des produits autoconsommés et vendus dépend généralement de la stratégie d'exploitation (objectif de vente majoritaire par exemple dans le cadre d'une agriculture professionnelle par exemple ou vente en complément de l'autoconsommation pour écouler le surplus de production) de l'enquêté mais aussi de la nature des cultures. En effet, il ressort sans surprise des enquêtes que certaines cultures sont plus souvent comprises dans une stratégie de vente lorsque l'on compare le produit brut des productions destinées à la vente avec le produit brut des productions destinées à l'autoconsommation. Le tableau ci-dessous indique notamment le nombre d'exploitants enquêtés pour lesquels le produit brut de chaque type de production est majoritaire à la vente ou à l'autoconsommation :

Tableau 22 : Nombre d'exploitants enquêtés allouant principalement ses productions à la vente ou à l'autoconsommation par type de production

Type de production	Vente	Autoconsommation
--------------------	-------	------------------

Maraîchage	7	4
Vivrier	7	19
Fruitier	9	20
PAPAM	8	9
fourrage	1	28

Ainsi, les cultures maraîchères sont principalement cultivées dans une stratégie de vente, alors que les cultures vivrières, les fourrages, les PAPAM et les cultures fruitières sont davantage exploitées pour l'autoconsommation des ménages. Notons, toutefois que parmi les PAPAM, certaines cultures de plus haute valeur ajoutée comme la vanille, le cacao, l'ylang-ylang, le café et le poivre sont souvent destinées à la vente alors que le curcuma, la cannelle ou le gingembre par exemple sont essentiellement autoconsommés par la famille.

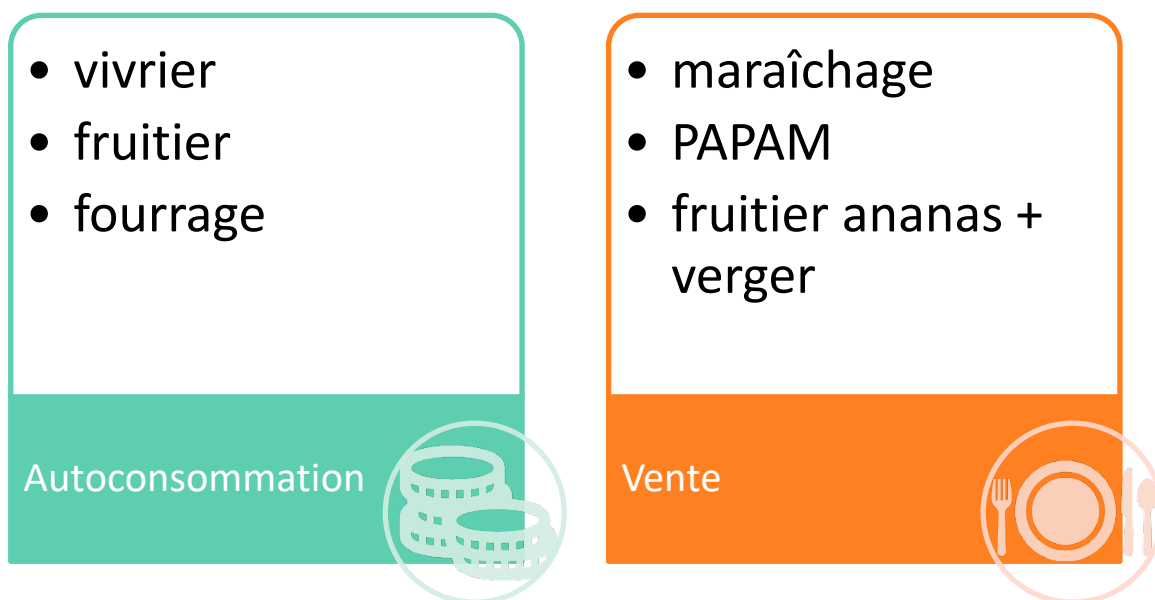
Tableau 23 : Nombre d'exploitants enquêtés allouant principalement ses productions aromatiques à la vente ou à l'autoconsommation

	Vente	Autoconsommation
Vanille	3	1
Cacao	3	0
Café	1	0
Poivre	1	0
Ylang-Ylang	1	0
Cannelle	1	1
Curcuma	4	9
Gingembre	2	5

Les PAPAM nécessitant peu de main d'œuvre et de technicité (cannelle, curcuma, etc.) sont plus souvent rencontrées dans le jardin mahorais pour l'autoconsommation. Pour des raisons de simplification, nous avons uniquement considéré les PAPAM de haute valeur ajoutée dans la typologie car elles sont caractéristiques d'une stratégie de vente alors les autres cultures, notamment le curcuma ou le gingembre sont couramment pratiquées au sein du jardin mahorais.

De ces analyses, nous avons ainsi pu attribuer à chaque type de production une stratégie d'allocation majoritairement pratiquée par les exploitants. Parmi les produits vendus nous avons également distingué les produits de forte valeur ajoutée des produits de plus faible valeur ajoutée en s'appuyant sur les prix de vente pratiqués et sur la transformation ou non des produits en vue de leur valorisation.

Figure 22 : Destination des productions



Au sein des cultures fruitières, nous avons distingué les fruitiers, souvent très diversifiés, généralement destinés à l'autoconsommation principalement, des cultures d'ananas et des vergers, souvent plus spécialisés et destinés à la vente.

c) Associations de culture

Des observations réalisées lors des inventaires, l'importance relative de certains types de culture (maraîchage, vivrier, fourrage, etc.), la diversité des cultures et l'abondance relative des arbres forestiers et des arbres fruitiers constituent des critères de distinction quant à la composition des îlots. Par conséquent, nous avons classé les principales associations de culture sur base de ces critères (Tableau 25).

Tableau 24 : Associations de culture principales

Associations de culture principales	Description
Vivrier monospécifique sous fruitiers ou sous forestiers ou sous fruitiers/forestiers	Une culture vivrière domine
Vivrier plurispécifique sous fruitiers ou sous forestiers ou sous fruitiers/forestiers	L'îlot est composé d'une association de deux ou trois cultures vivrières dominantes (ex : embrevade – manioc)
Association mixte sous fruitiers ou sous forestiers ou sous fruitiers/forestiers	L'îlot est composé de cultures vivrières en association avec d'autres types de culture comme l'ananas, le

	curcuma, le piment, etc. Ce sont des îlots particulièrement diversifiés
Verger monospécifique ou plurispécifique	Les espèces ligneuses à vocation de production fruitière sont dominantes.
Ananas sous fruitiers ou sous forestiers ou sous fruitiers/forestiers	La culture de l'ananas domine l'îlot
Prairie/fourrages sous fruitiers ou sous forestiers ou sous fruitiers/forestiers	L'îlot est principalement composé de cultures fourragères, d'une prairie pour la pâture des animaux ou d'un espace pour le prélèvement de fourrage spontané afin d'alimenter les animaux en enclos
Maraîchage en planche sous fruitiers Maraîchage dispersé	Les cultures maraîchères dominent soit sous la forme de planches monospécifiques, soit en dispersion des cultures sous des arbres relativement espacés
PAPAM monospécifique Vanille sous fruitiers ou sous forestiers ou sous fruitiers/forestiers	Plantes aromatiques de haute valeur ajoutée principalement représentées par la culture de la vanille

6) Typologie des systèmes agroforestiers

a) Indicateurs retenus pour la typologie

A partir d'analyses statistiques descriptives sur les données collectées, nous avons pu observer que trois indicateurs liés à la structure du patrimoine arboré caractérisent majoritairement la diversité des îlots au sein du jardin mahorais :

- **La densité d'arbre sur l'îlot** : Représente le nombre de tiges d'au moins 7.5 cm de diamètre sur un hectare, toutes essences confondues ;
- **La couverture arborée** : La couverture arborée représente la projection verticale des houppiers au sol et donne l'importance relative des espèces arborées au sein d'un peuplement (IGN, 2022). La couverture arborée est indiquée par une note allant de 1 à 4 et représentant la proportion de couverture sur une surface donnée.
- **La proportion d'essences forestière** : Comprend l'ensemble des essences forestières indiquées dans les OFDM plus quelques essences que nous jugé pertinent d'ajouter à cette liste.

En ce qui concerne la fonction des productions et leur destination ? les deux indicateurs qui semblent discriminer les îlots sont :

- **La valeur accordée aux productions** : Production à faible ou forte valeur ajoutée et production à vocation d'investissement (il s'agit des productions à destination de l'alimentation animale)
- **L'allocation des production** : Vente ou autoconsommation

Ces indicateurs nous ont permis de distinguer trois principaux types de système agroforestier à l'échelle de l'îlot.

b) Typologie à l'échelle de l'îlot

Type 1 : îlot à faible densité d'arbres et faible couverture arborée

Ces systèmes sont caractérisés par une légère valorisation des arbres qui se reflète par une densité d'arbres relativement faible (moins de 200 arbres par hectare) et par une couverture arborée faible également (Moins de 25% de couverture arborée). Ces îlots sont potentiellement en cours de transformation vers une agriculture vivrière plus ou moins plurispécifique, sans arbre à destination de l'autoconsommation. Ces îlots peuvent également faire office de transition vers une agriculture plus spécialisée destinée à la vente.



*Photo 1 : Ilot maraîcher en agroforesterie à Combani
Originellement cet îlot était une zone de forêt avec une couverture arborée relativement dense qui a été progressivement défrichée pour laisser place à des planches de maraîchage à destination de la vente.*

Une partie des cultures pratiquées dans ce type d'îlot sont représentées par les productions à faible valeur ajoutée qui requièrent peu d'ombrage comme les cultures maraîchères ou la production d'ananas. De plus, certains agriculteurs exploitent ces îlots pour l'alimentation animale sous la forme de pâturage ou de production de fourrages (canne fourragère, brachiaria par exemple). Enfin, ces îlots peuvent aussi être exploités pour l'autoconsommation du ménage avec la plantation d'espèces vivrières plus ou moins diversifiées (banane, manioc, maïs, embrevade, etc.)

Type 2 : Ilot à forte densité d'arbres fruitiers et couverture arborée variable



*Photo 2 : Pâturage sous culture d'ylang-ylang
Sur cet îlot la production principale est l'ylang-ylang planté en rangs serrés afin de faciliter la récolte. L'agriculteur valorise son espace et l'ombrage conféré par les arbres pour faire pâturer ses zébus en-dessous.*

Ces îlots sont majoritairement présents à Mayotte. La présence de l'arbre y est valorisée par une stratégie de maintien, de remplacement et/ou d'enrichissement de la strate arborée par des essences exploitées (arbres fruitiers principalement). Ces systèmes sont donc caractérisés par une densité d'arbre relativement importante (200 arbres /ha et plus) et par une ouverture arborée variable selon les essences présentes.

Comme dans les îlots de type 1, mais avec une présence de l'arbre plus importante, les productions dans ces systèmes peuvent avoir pour fonction l'alimentation animale (fourrage ou pâturage) ou l'alimentation humaine à destination de l'autoconsommation (production vivrière) mais aussi des productions alimentaires de faible valeur ajoutée à destination de la vente (maraîchage, production fruitière). En revanche, dans les îlots de

type 2 on recense également des productions de forte valeur ajoutée ayant pour fonction l'alimentation humaine ou les cosmétiques à destination de la vente. Il s'agit notamment des productions qui ont vocation à être transformées avant d'être consommées comme la vanille, l'ylang-ylang, le poivre, le cacao, le café, etc. Plus marginalement, il existe également dans cette catégorie, des îlots avec moins de 200 arbres par hectare mais avec une forte couverture

arborée qui s'explique par l'implantation de gros arbres avec une canopée étendue (exemple : vergers de litchis).

Type 3 : Ilot à « ambiance forestière »

Dans les espaces agroforestiers de type 3, la présence de l'arbre est particulièrement importante avec une densité d'arbre d'au moins 200 arbres/ha et une couverture arborée de 50% ou plus. De plus, à la différence des îlots de type 1 et 2, au moins la moitié des arbres présents sont des essences non alimentaires, dites « forestières ».

Ces îlots sont minoritaires à Mayotte mais néanmoins existants et représentent des espaces où l'agriculteur intègre pleinement les arbres forestiers dans son système de culture et l'ombrage qu'ils confèrent. De ce fait, parmi les productions, dans ces systèmes, on retrouve principalement des cultures sciaphiles de forte valeur ajoutée à destination de la vente comme la vanille, le poivre, le café ou le cacao, cultivés sous forêt pour l'alimentation humaine, ou encore l'ylang-ylang pour les cosmétiques.



*Photo 3 : Vanilleraie installée sur tuteurs de caféiers et sous couvert arborée forestier
Ici, les exploitants ont valorisé un résidu de forêt secondaire présent sur leur parcelle en se servant des caféiers apparus spontanément comme tuteurs pour implanter de la vanille dessus.*

V. Caractérisation des pratiques agricoles dans les systèmes agroforestiers

1) Données collectées

A partir des enquêtes auprès des producteurs, nous avons collecté un ensemble de données caractérisant les pratiques agricoles dans les systèmes agroforestiers. Les données collectées sont recensées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 25 : Liste des pratiques étudiées

Pratique étudiée	Nature de la donnée collectée
Productions	Nature et nombre d'espèces cultivées
Jachère	Pratique (oui/non) Durée de la jachère
Export des résidu de culture	Pratique (oui/non)
Utilisation de machines consommatrices de carburant	Pratique (oui/non) Nature des outils

Transport des produits	Voiture/camion Scooter/moto Bateau A pieds	
Fertilisation organique	Pratique (oui/non)	Nature du produit (fumier/fientes)
Fertilisation minérale	Pratique (oui/non)	Nature du produit
Utilisation de produits phytosanitaires	Pratique (oui/non)	Nature du produit
Irrigation	Pratique (oui/non)	
Taille des arbres	Pratique (oui/non)	
Formation agricole	Pratique (oui/non)	Sujet(s) abordés

2) Caractérisation des pratiques

a) Des systèmes très diversifiés et peu consommateurs en intrants

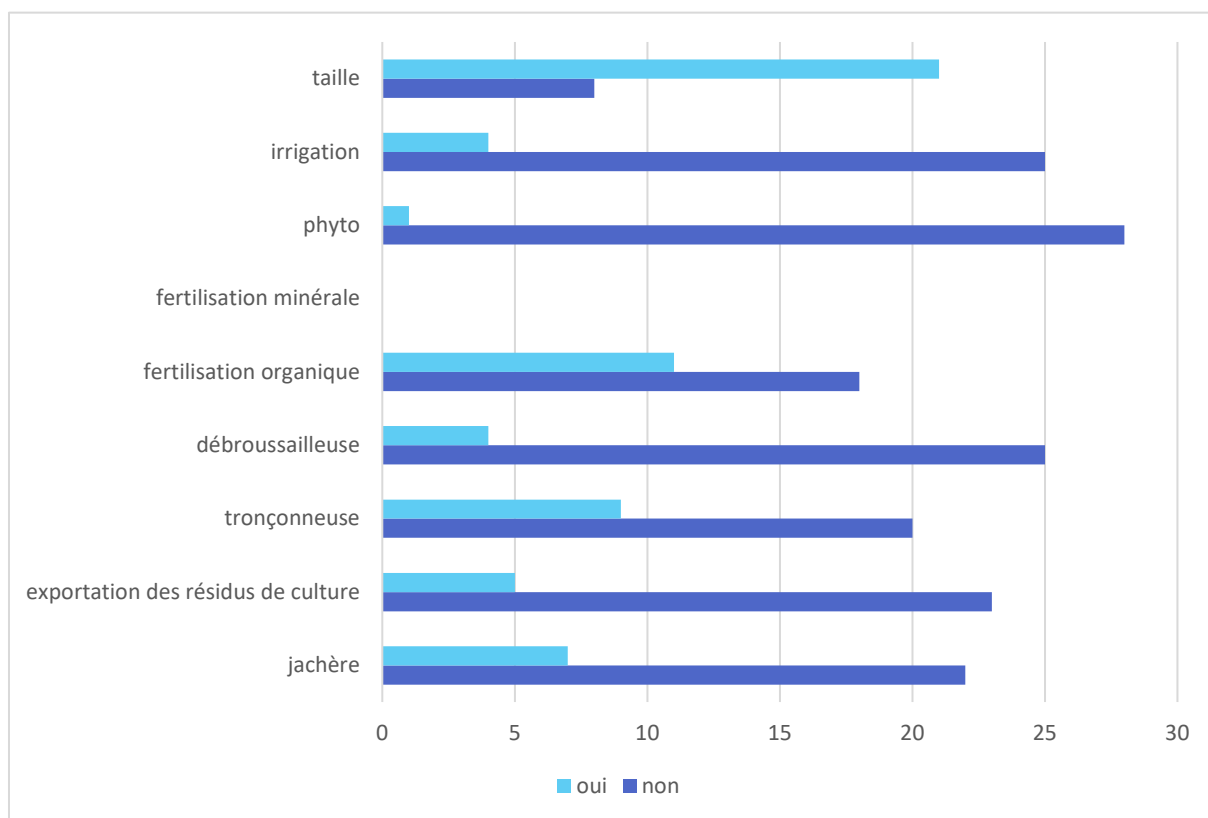
En moyenne les parcelles en agroforesterie sont composées de 11 espèces exploitées parmi l'ensemble des espèces fruitières, vivrières, fourragères maraîchères et aromatiques recensées (Tableau 10)

Tableau 26 : Nombre d'espèces exploitée au sein d'un jardin mahorais

	Fruitiers	Vivrier	Fourrage	Maraîchage	Aromatiques	Total_especes
<i>Moyenne_nb_especes</i>	5	3	1	2	1	11
<i>Ecart-type standard</i>	3.2	1.5	0.9	5.0	1.6	8.0

Pratiques

Figure 23 : Nombre d'agriculteurs pratiquant (« oui ») ou non (« non ») les différentes activités agricoles



L'agriculture mahoraise étant très peu mécanisée, les agriculteurs ne labourent pas leur parcelle, seul un travail du sol superficiel et un semis direct est réalisé. L'absence de mécanisation lourde a pour intérêt d'éviter le tassement et la déstructuration des sols. Parmi les agriculteurs enquêtés seuls quelques-uns ont recours à de la petite machinerie servant à l'entretien des herbacées (débroussailluse) et des arbres (tronçonneuse). La plupart des agriculteurs enquêtés taillent leurs arbres (notamment par élagage) dans le but de moduler l'ombrage conféré par les arbres mais aussi d'accroître la productivité de leurs arbres fruitiers. Une grande majorité des exploitants n'exportent pas les résidus de culture (feuilles, petits branchages) mais les laissent au sol. Cette pratique est tout à fait intéressante sur le plan environnemental car le maintien des résidus à la surface du sol en semis direct assure une protection contre l'impact des gouttes de pluie et réduit ainsi l'érosion du sol (Moussadek *et al.*, 2011). Cette pratique est d'autant plus importante que les phénomènes d'érosion se sont fortement accrus avec un export sédimentaire estimé à 20 000t/an entre 2017 et 2020, soit une progression de 245% par rapport à 1950 (BRGM/RP, 2021). Ensuite, peu d'agriculteurs ont recours à la jachère (environ 25% de notre échantillon). Ajoutons que lorsque c'est le cas, la durée de la jachère est comprise entre 2 à 5 ans ce qui est relativement court (une jachère longue étant comprise entre 20 à 30 ans). Les faibles pratiques de jachère et sa courte durée ne sont pas favorable au maintien de la fertilité des sols. En effet, les jachères courtes lorsqu'elles ont lieu ne permettent pas de remonter le taux de matière organique de manière significative (Cirad et Gret, 2009). Enfin, seul 4 agriculteurs sur 29, soit moins de 15% ont recours à l'irrigation. Il s'agit principalement des agriculteurs ayant des cultures maraîchères, plus exigeantes en eau. Notons, toutefois qu'aucun agriculteur n'a recours à de l'irrigation mécanisé, il s'agit d'un arrosage manuel.

Intrants

Le plupart des agriculteurs enquêtés n'apportent pas de fertilisant à leurs cultures. Lorsqu'ils le font, il s'agit exclusivement d'un apport organique, principalement du fumier de bovin mais aussi des fientes de volaille ou du compost. L'apport de fertilisant est majoritairement destinés aux bananiers ou cultures maraîchères.

Tableau 27 : Fertilisants utilisés et cultures cibles

Fertilisants et cultures cibles	Nombre
compost et résidus de cultures	1
cacao	1
fientes de volaille	3
agrumes	1
bananiers	1
NA	1
fumier de bovin	7
bananier + fruit à pain	1
bananiers	3
bananiers	1
maraîchage	1
piments	1

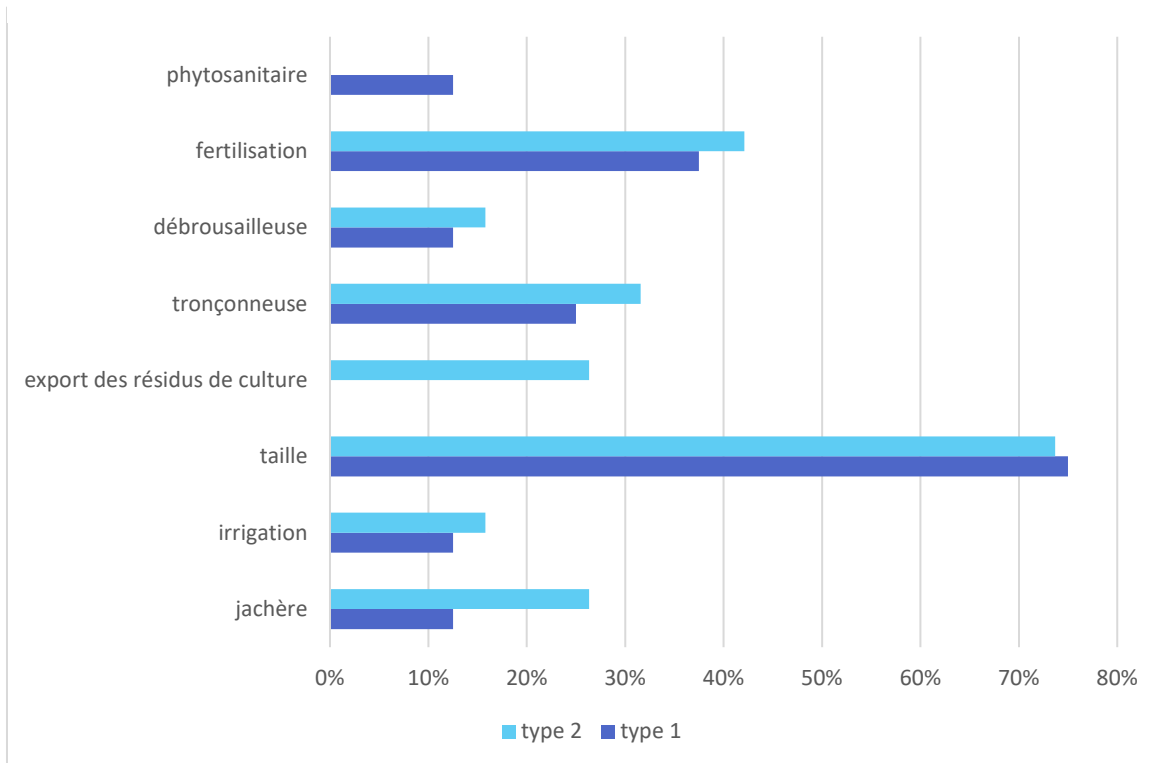
En ce qui concerne les produits phytosanitaire, seul un agriculteur a déclaré avoir recours à de l'anti-limace pour ses cultures maraîchères. A Mayotte les produits phytosanitaire sont essentiellement utilisés pour le maraîchage et concerne donc peu les systèmes agroforestiers. Toutefois, notons que la véracité des réponses de l'enquête sur cette partie ne sont pas vérifiés et que cette question reste un sujet sensible.

b) Des pratiques homogènes entre les différents types de systèmes agroforestiers

Figure 25 : Proportion des parcelles de type 1 ou 2 ayant recours ou non aux diverses pratiques étudiées

	pratique		non pratique	
	type 1	type 2	type 1	type 2
<i>jachère</i>	13%	26%	88%	74%
<i>irrigation</i>	13%	16%	88%	84%
<i>taille</i>	75%	74%	25%	26%
<i>export des résidus de culture</i>	0%	26%	100%	68%
<i>tronçonneuse</i>	25%	32%	75%	68%
<i>débrousailluse</i>	13%	16%	88%	84%
<i>fertilisation</i>	38%	42%	63%	58%
<i>phytosanitaire</i>	13%	0%	88%	100%

Figure 24 : Pourcentage de parcelles ayant recours aux diverses pratiques étudiées selon le type d'agroforesterie majoritaire



Afin d'analyser si certaines pratiques sont significativement différentes entre les types d'agroforesterie, nous avons calculé le risque relatif et de l'odds ratio sur le logiciel RStudio à l'aide de la fonction `twoby2()` de la librairie `Epi`. Le détail des résultats statistiques est présenté en annexe (ANNEXE 7). De ces analyses, on constate qu'il y a environ 2 fois plus de chance qu'une parcelle de type 2 soit mise en jachère qu'une parcelle de type 1. Les autres comparaisons ne semblent pas significatives. Globalement, il semblerait donc que les pratiques agricoles ne diffèrent pas selon le type d'agroforesterie, à l'exception de la jachère. Toutefois, notons bien que l'échantillon étudié reste faible et le lien entre la pratique de la jachère et le type d'agroforesterie n'est pas évident donc ce résultat doit être pris avec précaution.

c) Des pratiques hétérogènes entre diverses formes d'agriculture

Le dispositif Agri-référent

Depuis 2016, la DAAF de Mayotte travaille sur le dispositif Agri-référent, dans le but de collecter différentes informations auprès d'environ 200 producteurs volontaires dans toute l'île actuellement. Les informations collectées sont de deux types :

- des informations « structurelles » sur l'activité agricole des correspondants-agriculteurs, collectées une fois par an lors de l'« enquête structure ».
- des informations « quotidiennes » sur les productions récoltées (consommées, données ou vendues) et les productions perdues.

A partir de la base de données des Agri-Référents obtenue auprès de la DAAF Mayotte, et notamment des données de structure, nous avons pu étudier les similarités et différences de pratiques entre les agriculteurs en agroforesterie et ce qui ont des parcelles hors zone d'agroforesterie. En 2023, la base de données Agri-référent compte au total 269 agriculteurs et 528 parcelles réparties dans sur toute l'île

Méthode

Pour ce faire, nous avons d'abord identifié les parcelles des agri-référents en agroforesterie à l'aide du géoréférencement de leur parcelle et de la cartographie de l'OCSGE 2016 de la même manière que nous avons identifié les agriculteurs à enquêter (voir partie « Echantillonnage »). Au total, 74 parcelles sont situées sur des zones que l'on classe en agroforesterie à partir de l'OCSGE 2016 et concerne 50 agriculteurs, contre 454 en non agroforesterie (Tableau 13).

Tableau 28 : Répartition du nombre de parcelles et d'agriculteurs en agroforesterie et non agroforesterie parmi les agri-référents

Critères	agroforestiers	non agroforestiers
Nb de parcelles	74	454
%_parcelles	14%	86%
Nb d'agriculteurs	50	219
%_agriculteurs	19%	81%

Après avoir trié les parcelles en agroforesterie de celles qui ne le sont pas dans la base de données des Agri-référents, nous avons analysé les données liées aux pratiques agricoles renseignées à l'échelle de la parcelle. Cinq indicateurs ont été relevés en lien avec les pratiques agricoles :

- Utilisation d'engrais chimique
- Utilisation d'amendement
- Utilisation de produits phytosanitaires
- Irrigation et type d'irrigation

Certains autres indicateurs renseignent les pratiques agricoles mais ont été inexploitable par manque de données, à savoir les variables suivantes :

- « autres intrants »
- « Type_Amendement » (2 réponses seulement « Fumier, fientes »)
- « Equipement_parcelle »

Pour analyser les données, nous avons comparé pour chaque pratique, le nombre de parcelles en agroforesterie avec celles qui ne sont pas classées en agroforesterie. De plus, nous avons analysé statistiquement la liaison entre différentes variables à expliquer (utilisation d’engrais, chimiques, d’amendement organique, de produits phytosanitaires, d’irrigation, du transport) et le fait d’être en agroforesterie ou non. Les modalités prises par l’ensemble des pratiques sont 1 ou 0 car il s’agit de variables catégorielles binaires (1 = « oui » ; 0 = « non »).

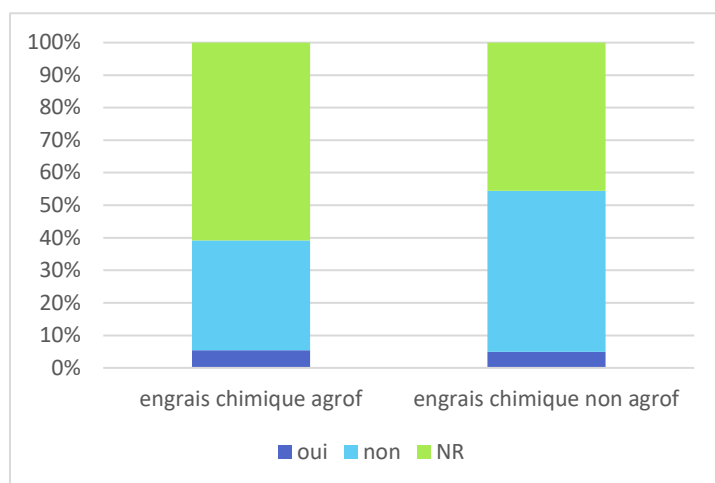
Pour quantifier la liaison entre chacune des variables à expliquer avec le fait d’être en agroforesterie ou non, nous avons calculé le risque relatif et de l’odds ratio à l’aide du logiciel RStudio et de la « twoby2() » du package « Epi » (Myatt, 2022).

Hypothèses

Sur base de données bibliographiques et d’observations sur le terrain, il semblerait que les systèmes agroforestiers à Mayotte soient faibles en intrants, non mécanisés ou peu et exploités avec des pratiques agroécologiques et principalement à destination de l’autoconsommation. Sur base de ce constat on peut faire les trois hypothèses suivantes :

- Hyp 1 : En systèmes agroforestiers, les exploitants n’utilisent presque pas d’engrais chimiques ;
- Hyp 2 : En systèmes agroforestiers, les exploitants n’utilisent presque pas de produits phytosanitaires ;
- Hyp 3 : En systèmes agroforestiers, les exploitants ont peu recours à l’irrigation. Quand ils y ont recours, il s’agit davantage d’irrigation manuelle.

Variable engrais chimique



On constate qu’on soit en agroforesterie ou non, il semblerait que la majorité des agriculteurs n’utilisent pas d’engrais chimiques.

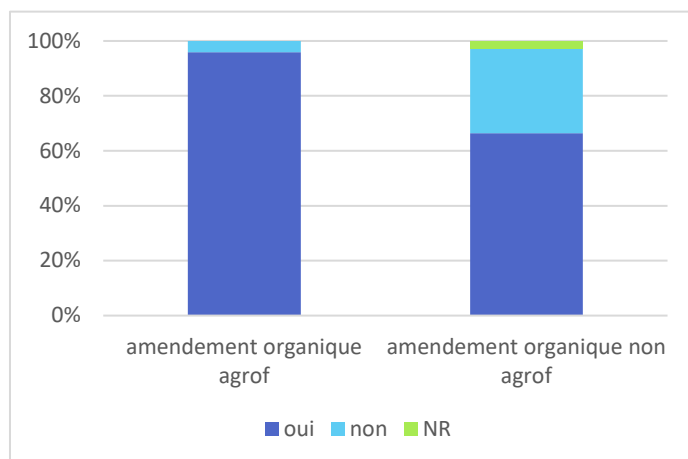
Le calcul de la liaison entre l’utilisation d’engrais chimiques et le fait d’être en agroforesterie est présenté en ANNEXE 14.

Colonne1	oui	non	NR
engrais chimique agrof	4	25	45
engrais chimique non agrof	22	223	205

Le Risque Relatif et l’Odds-Ratio sont assez peu différents car nous sommes dans une situation où la prévalence de l’agroforesterie est faible (14% des parcelles seulement). Le Risque Relatif équivaut à 1.5 ce qui signifie qu’il y a 1,5 fois plus de chances qu’un exploitant qui est en agroforesterie utilise

des engrais par rapport à un exploitant qui n'est pas en agroforesterie. Davantage d'agriculteurs en agroforesterie déclarent utiliser des engrais chimiques par rapport aux non agroforestiers, bien que l'utilisation des engrais reste minoritaire dans les deux cas.

Variable amendement organique

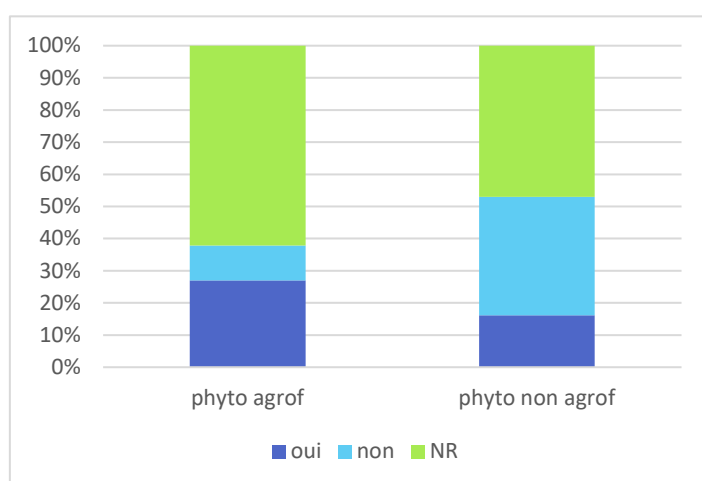


On constate qu'en agroforesterie la quasi-totalité des agriculteurs utilisent des amendements organiques (du fumier de bovin et des fientes de volaille). Pour les exploitants qui ne sont pas en agroforesterie, la majorité semble aussi utiliser des amendements organiques mais cette part est plus faible (fumier de bovin, fientes de volaille et compost).

Colonne1	oui	non	NR
amendement organique agrof	71	3	0
amendement organique non agrof	299	139	12

Le Risque Relatif équivaut à 9 ce qui signifie qu'il y a 9 fois plus de chance qu'un exploitant en agroforesterie utilise des amendements organiques qu'un exploitant qui n'est pas en agroforesterie (ANNEXE 14).

Variable phytosanitaire

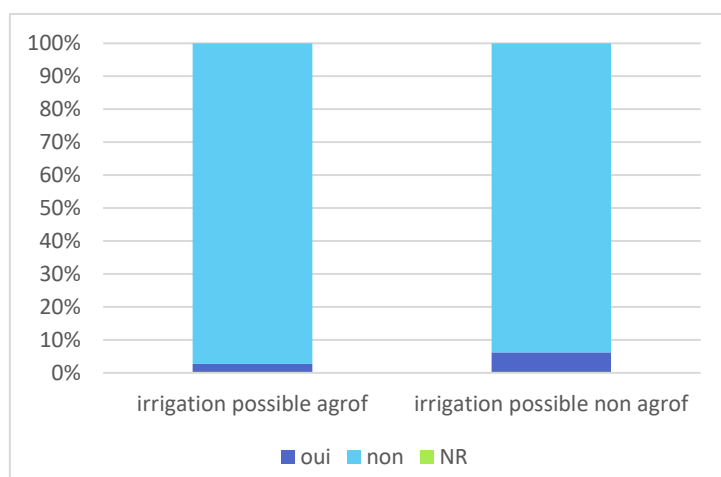


Bien que la part des parcelles non renseignées concernant l'utilisation de phytosanitaire soit plus importante pour les systèmes agroforestiers, il semblerait qu'il y ait tout de même plus d'agroforestiers ayant recours aux produits phytosanitaires que dans les parcelles agricoles.

Colonne1	oui	non	NR
phyto agrof	20	8	46
phyto non agrof	73	166	212

Le Risque Relatif équivaut à 4.6 ce qui signifie qu'on a un risque 4.6 fois plus élevé d'utiliser des produits phytosanitaires quand on est en agroforesterie (ANNEXE 14).

Variable irrigation



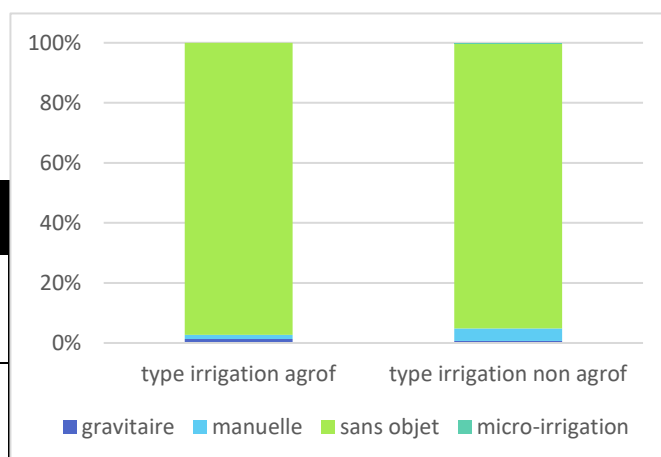
On constate qu'on soit en agroforesterie ou non, la majorité des exploitants n'ont pas recours à un système d'irrigation. Les agriculteurs qui ne sont pas en agroforesterie, utilisent très légèrement plus d'irrigation qu'en agroforesterie.

Colonne1	oui	non	NR
irrigation possible agrof	2	72	0
irrigation possible non agrof	28	424	0

Le Risque Relatif est presque nul et équivaut à 0.4 ce qui signifie qu'on a un risque 0.4 fois plus élevé d'avoir recours à de l'irrigation quand on est en agroforesterie (ANNEXE 14). Cette distinction est très faible et ne permet pas réellement d'expliquer le fait d'irriguer par le fait d'être en agroforesterie ou non.

Quel que soit le système, les exploitants recensés dans la base agri-réf utilisent peu l'irrigation. On remarque également que la majorité de l'irrigation pratiquée est manuelle et ne nécessite pas de mécanisation.

Colonne1	gravitaire	manuelle	sans objet	micro-irrigation
type irrigation agrof	1	1	72	0
type irrigation non agrof	3	19	429	1



Discussion des résultats

L'ensemble des hypothèses faites se sont avérées invalidées, voir même suivent des tendances inverses. Dans un premier temps, on peut noter que la qualité des données collectées n'est pas vérifiée et peut être remise en question sur plusieurs points :

- Les données sont déclarées et non observées – nous ne savons pas dans quelle mesure leur véracité est confirmée, notamment pour les données sensibles (engrais, phytosanitaires).
- De nombreuses données sont non renseignées
- Des informations contradictoires sont données pour une même parcelle à deux moments d'enquête différent. Nous ne pouvons pas savoir s'il s'agit effectivement d'un changement de pratique, d'erreurs ou de fausse information.

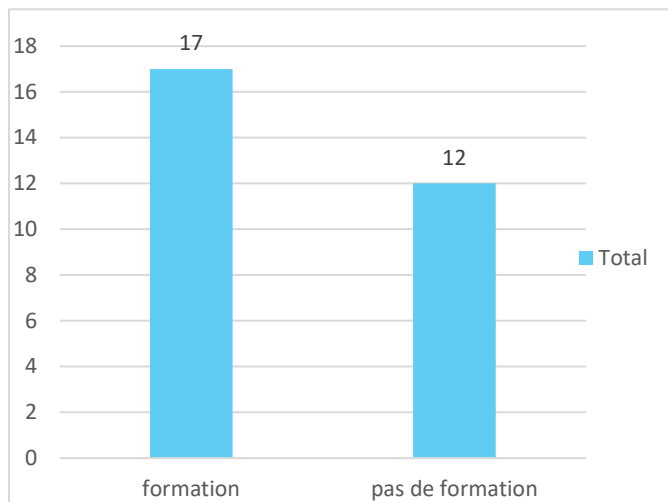
Enfin, en utilisant l'analyse cartographique pour discriminer les systèmes agroforestiers, on constate que l'agroforesterie représente finalement une faible part (environ 1/7ème) de l'ensemble des parcelles recensées dans la base agri-réf. Ce résultat peut sembler assez étonnant au regard du recensement agricole de 2020 qui statue que les jardins mahorais couvrent environ 90% de la SAU recensée (DAAF Mayotte, 2021).

Cette différence peut s'expliquer en grande partie par la méthode d'analyse cartographique utilisée pour discriminer les systèmes agroforestiers. En effet, si cette méthode est discriminante sur l'environnement par la présence plus importante d'une couverture arborée de feuillus, elle ne dit rien sur les pratiques agricoles employées sur la parcelle, sur les objectifs de production ni sur les acteurs qui exploitent ces parcelles. Au-delà du fait qu'il peut effectivement ne pas y avoir de différence claire entre les agroforestiers et les non agroforestiers en termes d'intrants et de mécanisation, cette méthode ne semble pas adaptée pour distinguer plusieurs types de systèmes d'exploitation. Cette conclusion vient renforcer les analyses préliminaires faites par Magali Aubert et Clémentine Couderq sur la base agri-réf. Celles-ci stipulaient qu'à priori aucune variable suffisamment complète ne permettait de discriminer les agroforestiers identifiés sur base de l'OCSGE 2016 dans la base agri-référent.

d) Un savoir-faire agricole fortement hérité

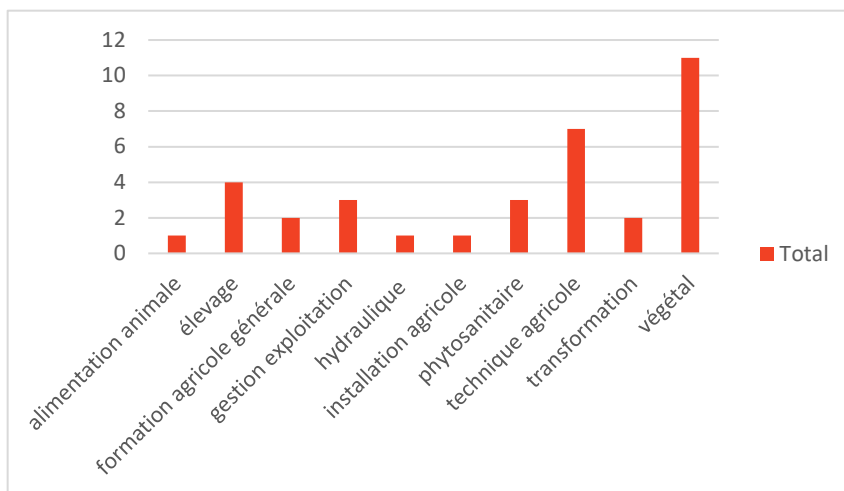
Les mahorais sont fortement attachés à leurs parcelles familiales (Gutjahr *et al.*, 2021) qu'ils cultivent souvent en famille. Cette tradition représente un levier de transmission du savoir-faire agricole qui permet de perpétuer la connaissance de générations en générations. Ainsi une part non négligeable des exploitants à Mayotte n'ont pas reçu une formation agricole formelle mais s'appuient sur les savoir-faire acquis de leur famille et de leur entourage ainsi que de leur propre expérience. Bien que ce ne soit pas majoritaire, 41% des exploitants enquêtés dans notre étude déclarent ne pas avoir reçu de formation agricole.

Figure 26 : Nombre d'enquêtés ayant reçu au moins une formation agricole



Parmi les formations reçues, on constate que la majorité d'entre-elles concerne des thématique liées à la production végétale, suivie des formations ciblées sur l'enseignement d'une technique agricole puis des formations portant sur l'élevage.

Figure 27 : Nombre de formation suivies en fonction des thèmes



VI. Evaluation de la durabilité des SAFs

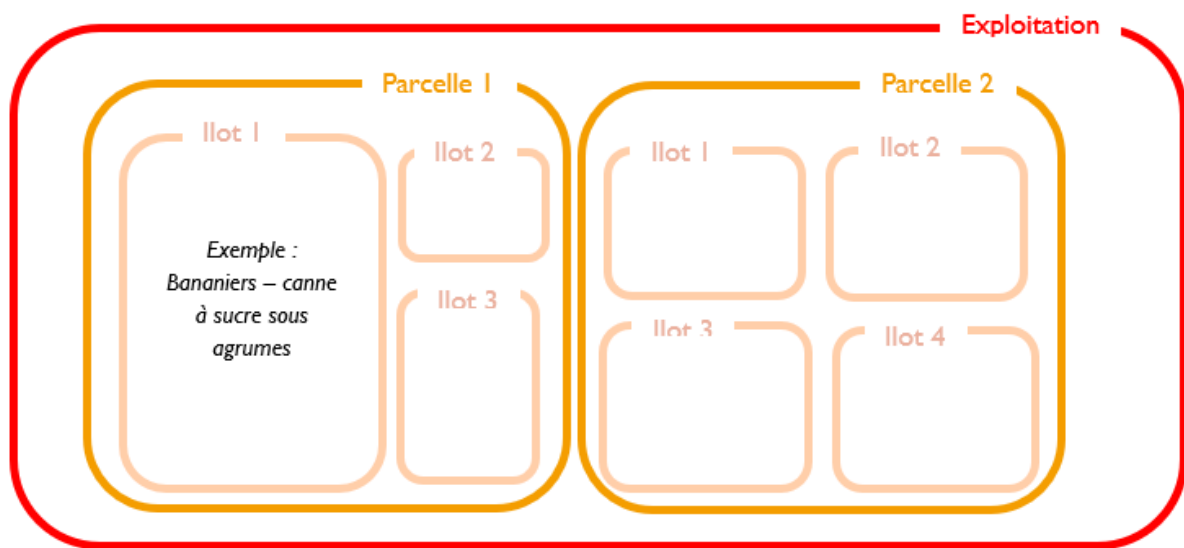
1. Contexte

a) L'organisation

spatiale et fonctionnelle du jardin mahorais

Le jardin mahorais revêt une diversité de systèmes de production qu'il est indispensable de prendre en compte pour comprendre leur durabilité. La complexité du jardin mahorais tient au fait que leur gestion est organisée en trois échelles distinctes et complémentaires. Alors que l'îlot correspond à une association d'espèces (Rey, 2019), la parcelle correspond à une production végétale et/ou animale et l'exploitation correspond à l'optimisation des facteurs de production (capital foncier, travail et capital) pour ses productions (Cirad et Gret, 2009). Une exploitation peut être composée d'une ou plusieurs parcelles, elles-mêmes subdivisées en îlots. Ces échelles sont imbriquées et raisonnées en cohérence les unes par rapport aux autres par l'exploitant en fonction de ses contraintes (financières, structurelles ou environnementales). Les trois échelles qui composent le jardin mahorais concourent à assurer différents objectifs économiques, sociaux et environnementaux. Plus précisément, ils permettent d'assurer l'alimentation des membres de la famille ; de couvrir les besoins monétaires du

ménage ; de minimiser le risque lié à la variabilité de l'environnement naturel et économique ; de maintenir les réseaux sociaux auxquels appartient le ménage et de préserver une maîtrise foncière.



Un des atouts du jardin est d'être un système résilient qui a permis d'amortir les chocs économiques et sociaux observés lors de la crise de la vie chère en 2015, de la crise sécuritaire en 2018 et de la crise sanitaire de la Covid-19 (Huat, 2022). Toutefois, du fait de la croissance démographique de l'ordre de 4% entre 2012 et 2017 (INSEE, 2023), l'agriculture mahoraise doit faire face à une saturation des terres agricoles, une réduction des jachères, des surfaces de forêt réduites et une dégradation de la fertilité des sols (DAAF Mayotte, 2016). Dans ce contexte la durabilité du jardin mahorais interroge.

b) Mesure de la durabilité des exploitations

La commission mondiale sur le développement de l'ONU définit la durabilité comme la capacité à : « satisfaire les besoins actuels sans compromettre la possibilité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins » (World Commission on Environment and Development, 1987). Au niveau agricole, Zahm et al. considèrent qu'une exploitation durable est : « une exploitation agricole viable, vivable, transmissible et reproductible inscrivant son développement dans une démarche socialement responsable. » (Zham et al., 2015). La combinaison de trois piliers caractérise la durabilité des exploitations : la protection de l'environnement, l'efficacité économique et la solidarité au sein de la société (Hani et al., 2003). Alors que le pilier environnemental renvoie au respect de l'environnement, à la dynamique naturelle, à la gestion des ressources naturelles ; le pilier économique renvoie à l'efficacité, la dynamique, la cohérence économique ; et le pilier social renvoie à des notions d'équité sociale, de solidarité, de lien social, d'identité culturelle (Bihannic et Michel-Guillou, 2011). L'approche évaluative par les 3 piliers du développement durable reste un référentiel méthodologique incontournable (Zahm et al., 2019). La méthode IDEAv4 identifie des indicateurs permettant de caractériser la durabilité agroécologique, économique et socio-territoriale des exploitations. Cette méthode d'évaluation se veut objective et présente l'intérêt de proposer une évaluation globale de la durabilité d'une exploitation.

Au-delà de la mesure de la durabilité des exploitations, cette évaluation implique d'estimer également leur contribution à une échelle collective et notamment au niveau du territoire (Terrier et al., 2013). Les auteurs de la méthode IDEAv4 considèrent ce double niveau de mesure de la durabilité. D'une part, il tient compte de la durabilité « restreinte » qui qualifie les objectifs autocentrés de l'agriculteur correspondant à ses facteurs internes de durabilité. D'autre part, il étudie la durabilité « étendue »

qui identifie les objectifs sociétaux d'une exploitation agricole contribuant au développement durable de niveaux d'échelles et d'organisations plus englobants (territoire, collectivité, pays, reste du monde) (Zahm et al., 2019). Cette double échelle amène donc à penser la durabilité à la fois d'un point de vue individuel et collectif pour rendre compte de sa globalité.

Par ailleurs, la plupart des indices utilisés pour évaluer la durabilité des exploitations se veulent objectifs (Singh et al., 2012), notamment dans le but de comparer différents systèmes entre eux et d'analyser l'effet d'un changement de pratique par exemple. Cependant, (Bihannic et Michel-Guillou, 2011) montre qu'il existe diverses représentations, notamment sociales, du développement durable selon les pratiques mises en œuvre par les agriculteurs. Ces différentes représentations sont dépendantes d'idéologies et de conceptions différentes du métier. Inclure ainsi la perception des enquêtés, dans l'évaluation de la durabilité d'une exploitation confère une originalité qui contrebalance l'objectivité recherchée dans les méthodes standard d'évaluation de la durabilité.

2. Problématique et hypothèses

A Mayotte, n'existant pas ou peu de référentiels techniques sur les performances des systèmes agroforestiers, la durabilité de ces systèmes est difficile à évaluer. Elle reste néanmoins essentielle pour comprendre les contraintes de ces systèmes mais aussi les leviers sur lesquels s'appuyer pour soutenir une agriculture, viable, vivable et durable dans le temps.

Dans cette étude nous nous attacherons donc à répondre à la question suivante :

Comment chaque unité du jardin mahorais contribue-t-elle à la durabilité du système ?

Au regard de cette question, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il existe plusieurs systèmes d'exploitation qui se distinguent par leur structure (profil exploitant, diversification, facteurs de production) et leur fonction (objectif et destination des production, stratégie d'exploitation). De plus, la dimension économique, sociale, environnementale et le niveau (individuel/collectif) de durabilité des systèmes agroforestiers est différente selon la structure et la fonction des SAFs.

Afin de tester ces deux hypothèses, nous nous proposons, dans un premier temps, de caractériser la diversité des îlot agroforestiers existants à Mayotte et leur durabilité d'un point de vue environnemental. Ensuite, nous évaluerons les niveaux de durabilité (individuel/collectif – objective/perçue) que confèrent les systèmes agroforestiers existants à l'échelle de la parcelle. Enfin, nous évaluerons les niveaux de durabilité que confèrent les exploitations agricoles intégrant des pratiques agroforestières. L'originalité de notre étude reposera en partie sur une évaluation complémentaire de la durabilité perçue et objective des systèmes agroforestiers par les exploitants agricole. Pour ce faire, nous décrirons plusieurs indicateurs couramment utilisés pour mesurer objectivement la durabilité des systèmes. Parallèlement, nous nous attacherons à identifier les services écosystémiques rendus par l'arbre dans le système agroforestier du point de vue des exploitants.

3. Matériel et méthode

a) Données mobilisées

Nous avons enquêté 30 exploitants répartis sur l'ensemble du territoire ayant tous au moins une parcelle en agroforesterie. Le choix de ces exploitants a été déterminé par analyse cartographique en fonction de la localisation de la parcelle agroforestière. Nous avons veillé à ce que les parcelles agroforestières se situent dans des milieux contrastés (hygrophile, mésophile, xérophile) et avec des couverture arborées différentes (plus ou moins dense). Les enquêtes ont permis de collecter des données déclarées via des entretiens directifs individuels avec des questions plus ou moins ouvertes. Elles ont porté sur trois niveaux :

Le système de production : Il s'agit de comprendre ce que font les agriculteurs, comment, pourquoi et quelle est la rationalité de leurs pratiques agricoles et leurs contraintes techniques. Pour cela, on s'intéresse aux terres de l'exploitation (surface, localisation), à la main d'œuvre et au capital de l'exploitation (bâtiment, matériel, plantations, cheptel, etc.) et au système de culture (Cochet et Devienne, 2006)

Le système d'activité : Il concerne les stratégies globales des agriculteurs en intégrant "les activités agricoles (système de production) et extra agricoles, ainsi que les activités dites marchandes (emploi salarié, vente de produits agricoles) et non marchandes, liées à la vie sociale et aux logiques d'identification des individus" (Gaillard et Sourisseau, 2009)

Le système d'exploitation : « Il se rapporte aux formes de propriété ou d'usage des facteurs de production (exemple : exploitation individuelle, utilisation de salariés, formes d'organisation du travail, type de commercialisation) et aussi à la manière dont sont répartis les produits du travail (niveau d'autoconsommation, parts respectives des investissements et de la rémunération du travail, etc.)" (Brossier, 1987)

Une partie des agriculteurs contactés faisaient déjà partie d'un réseau d'agriculteurs référents et volontaires pour déclarer régulièrement le poids des produits qu'ils récoltent, les quantités qui sont volées et celles qui sont ravagées ainsi que les quantités de produits alloués à la vente, à l'autoconsommation et aux dons. L'habitude de ces agriculteurs à estimer leurs productions a été facilitateur pour l'enquête.

A la fin de l'enquête, nous avons employé la méthode de distribution des cailloux (Sheil *et al.*, 2004) pour évaluer l'importance des arbres dans le jardin mahorais selon les agriculteurs via les services écosystémiques qu'ils leur attribuent. Il s'agit d'une méthode de diagnostic simple pour clarifier le regard et les priorités que portent les enquêtés au sujet des arbres dans notre cas (Jagoret *et al.*, 2014). Pour cela, nous avons demandé aux agriculteurs : « Quels sont les différents usages que vous faites des arbres dans votre parcelle ? » A partir de cette question, nous avons noté chaque usage sur un gobelet cartonné, le nombre de gobelet étant défini par le nombre d'usages énumérés par l'agriculteur. Une fois l'ensemble des usages cités, nous avons distribué 100 graines de jaque en demandant à l'enquêté de remplir plus ou moins les différents gobelets avec les graines selon l'importance relative qu'ils accordent aux divers usages cités. Une fois cette étape réalisée, les usages ont été recensés avec leur pourcentage d'importance selon l'agriculteur. Les usages ont ensuite été reclassés entre services de production, services environnementaux et sociaux de façon à évaluer les services écosystémiques rendus par l'agroforesterie du point de vue des enquêtés.

En parallèle de ces enquêtes, nous avons réalisé des inventaires floristiques multi-strate pour caractériser la composition des îlots agroforestiers ainsi que la biodiversité sur la parcelle. Pour ce faire, nous avons d'abord identifié l'ensemble des îlots qui constituent une parcelle puis nous avons inventorié 5 à 6% des espèces exploitées et/ou indicatrices de milieux présentes sur cet îlot, et ce, pour les espèces arborées, arbustives, lianescentes et herbacées. A partir de ces inventaires nous avons pu caractériser la biodiversité végétale des parcelles en calculant la richesse spécifiques des espèces qui croissent spontanément. De plus, un indice de biodiversité potentiel a été calculé en agrégeant plusieurs données comme la proximité de la parcelle à une rivière ou une forêt, la présence de haie, le nombre d'arbres morts, etc.

b) Evaluation des dimensions de la durabilité

A partir des données d'inventaire et d'enquête, nous avons sélectionné certaines variables comme indicatrices de la durabilité économique, environnementale et sociale. Ces indicateurs caractérisent la durabilité des systèmes agroforestiers selon trois échelles (l'îlot, la parcelle et l'exploitation) et sont classés selon leur portée (individuelle / collective) (Tableau 30). Les composantes de la durabilité ont également été précisées afin de clarifier les indicateurs par thématique, sur base de la méthode IDEAv4.

Tableau 29 : Indicateurs utilisés pour l'évaluation de la durabilité du jardin mahorais

Durabilité	Portée	Composantes	Echelle		
			Ilot	parcelle	exploitation
Economique	Individuelle	Stabilité économique et financière		Revenu agricole brut Agrandissement de la parcelle passé/futur	Epargne financière liée au capital animal Contraintes financières (manque d'argent, de débouchés pour la vente, de matériel, de main Crédit passé ou en cours
		Indépendance		Main d'œuvre familiale Main d'œuvre salariée Destination des productions Richesse spécifique des espèces alimentaires/SAU	
		Transmissibilité		Détention d'un titre foncier	Contrainte structurelle (vieillesse, manque de temps, vol, accessibilité de la parcelle, problème foncier) Nombre de parcelles exploitées
		Efficiences globale		Taille des arbres	
	Collective	Indépendance			Type de commercialisation des productions Détention des aides de la PAC
Environnemental	Individuelle	Réduire l'impact sur la santé humaine et les écosystèmes		Gestion des arbres	
		Assurer des conditions favorables à la production à moyen long terme		Fertilisation des cultures Pratique de la jachère	Contrainte environnementale (manque d'eau, sol peu fertile, débordement de rivière, ravageurs)
		Diversité fonctionnelle	Indice de Biodiversité Potentielle		
	Collective	Réduire l'impact sur la santé humaine et les écosystèmes		Utilisation de phytosanitaires	
		Assurer des conditions favorables à la production à moyen long terme		Irrigation	
Social	Individuelle	Alimentation		Couverture des besoins alimentaire en banane/manioc	
		Développement local et économie circulaire			Participation à un réseau d'agriculture formelle
	Collective	Ethique et développement			Entraide
		Emploi et qualité au travail		Emploi de main d'œuvre salariée	

Parmi les indicateurs de durabilité, on compte le « revenu agricole brut » et la « destination des production ». Le **revenu agricole brut** généré par chacune des parcelles agroforestières étudiées a été obtenu en calculant le **produit brut** (quantité de produits récoltés déclarée pour chaque produit exploité x prix de vente fixé par l’exploitant ou moyenne des mercuriales de la DAAF Mayotte pour 2022). Au produit brut ont été soustrait les **charges d’exploitations** déclarées par l’agriculteur (intrants consommables) ainsi que les éventuels remboursements de crédit et le salaire de la main d’œuvre salariée. L’ensemble et le montant des aides agricoles obtenues par chacun des agriculteurs n’est pas connu et n’est donc pas pris en compte dans le calcul du revenu brut.

Ensuite, la part du revenu financier (RF) dédié à la vente et à l’autoconsommation ont été comparés. Lorsque le revenu était majoritairement dédié à la vente (soit 66% ou plus du revenu financier total est constitué des produits vendus), alors la destination principale des productions sur la parcelle a été considérée comme étant la vente. Idem pour l’autoconsommation. Lorsque la part du revenu financier lié à la vente occupe entre 33 et 66% du revenu total avec l’autoconsommation, alors nous avons fixé la destination principale des productions comme étant une association « vente – autoconsommation ».

	$RF^{autoconso} \leq 33\% (RF^{total})$	$RF^{autoconso} \geq 66\% (RF^{tot})$	$33\% (RF^{tot}) < RF^{autoconso} < 66\% (RF^{tot})$
Destination principale	Vente	Autoconsommation	Vente - Autoconsommation

c) Caractéristiques des enquêtés

Pour la plupart des enquêtés, l’agriculture représente leur activité principale (en prenant en compte les retraités). Seuls 10 enquêtés sur les 30 étaient pluriactifs (Tableau 31). On constate que parmi les pluriactifs, 50% des enquêtés ont entre 25 et 45 ans, tandis que 65% des personnes ayant pour principale activité l’agriculture ont 56 ans ou plus. Par conséquent, il semblerait que les pluriactifs soient plutôt des personnes jeunes en cours d’installation et/ou en cours d’investissement dans son système d’exploitation. A l’inverse les personnes ayant pour activité principale l’agriculture sont majoritairement composées d’exploitants retraités ou de personnes anticipant une reprise d’exploitation.

En proportion les agriculteurs qui font de la vente sont plutôt des agriculteurs ayant suivi au moins une formation. Ce lien s'explique par le fait que certaines cultures destinées principalement à la vente (ex : vanille, maraîchage) requièrent une technicité qui implique d'avoir été formé à minima.

Tableau 30 : Caractérisation des exploitants enquêtés

	age					activité		formation	
	25-35	36-45	46-55	56-65	Plus de 65	pluriactif	agriculteur	formation	pas de formation
age	25-35	3				2	1	2	1
	36-45		7			3	4	1	6
	46-55			7		5	2	5	2
	56-65				7	0	7	1	6
	Plus de 65					6	0	4	2
activité	pluriactif					10	X	5	5
	agriculteur						20	12	8
formation	formation							17	X
	pas de formation								13

4. Résultats

a) Une biodiversité potentielle homogène entre les trois types d'îlots agroforestiers

A l'échelle de l'îlot, aucun indicateur de durabilité économique et social ne semble pertinent à évaluer car les dimensions économiques et sociales sont davantage raisonnées à une échelle parcelle et exploitation. En revanche, la durabilité environnementale des îlots agroforestiers peut être évaluée sur le plan de la biodiversité. Pour évaluer la biodiversité de manière globale sur ces systèmes complexes, nous avons fait choix d'adapter la méthode d'Indice de Biodiversité Potentielle (voir partie IV) 4.a. pour le détail de la méthode).

Les résultats révèlent qu'il n'y a pas de différence significative d'Indice de Biodiversité Potentielle entre les îlots de type 1 (agriculture sous faible densité et couverture arborée), 2 (espace agroforestier à forte densité d'arbres fruitiers et couverture arborée variable) ou 3 (agroforêts à ambiance forestière). Il n'existe pas non plus de différence entre l'IBP des îlots selon la fonction et la destination principale des productions. Par conséquent, la composante biodiversité ne participe pas à différencier les îlots sur le plan de la durabilité environnementale. Notons, toutefois que la dispersion des scores est importante avec un score allant de 2 à 24.

b) Evaluation de la durabilité individuelle et collective à l'échelle de la parcelle

Une forte variabilité du revenu agricole brut

Huit parcelles de notre échantillon génèrent un revenu agricole brut qui va principalement vers l'autoconsommation et treize parcelles pour lesquelles le revenu va presque autant dans la vente et l'autoconsommation. Ces deux fonctions représentent ainsi l'essentiel des parcelles étudiées. Ce résultat confirme la tendance des systèmes agroforestiers à répondre à la fonction alimentaire pour l'autoconsommation du ménage avec une part importante des exploitants qui dédie une partie de leur production à la vente en guise de revenu principal ou complémentaire. Cependant, quel que soit la fonction et la destination des productions principales sur la parcelle, il ne semble pas y avoir de différence significative sur le revenu agricole brut/SAU calculé. Ce résultat s'explique notamment par la grande variabilité des

revenus calculés qui font que les écart-types des moyennes sont particulièrement importants. Par conséquent, les parcelles confèrent une durabilité économique similaire vis-à-vis du revenu agricole, que l'exploitant soit dans une stratégie d'autoconsommation, de vente, d'autoconsommation et de vente ou d'investissement.

Tableau 31 : Valeur ajoutée brute moyenne selon la stratégie de production principale à l'échelle de la parcelle

Valorisation et destination des productions	Revenu agricole brut moyen/ SAU (€)	Ecart-type
Autoconso – vente forte VA	4247,20	4186,66
Autoconso – vente faible VA	7281,75	7782,06
Autoconso	8795,10	12763,86
Investissement	5544,38	3691,16
Vente faible VA	3068,94	4413,09

Pour analyser les liens entre les différents indices de durabilité à l'échelle de la parcelle et les groupes d'individus, une analyse factorielle de données mixtes a été réalisée sous R avec la fonction FAMD() à l'aide des package FactoMineR et Factoextra (Evrard et Govaerts, [s d]). Cette méthode a été utilisée car elle permet d'explorer notre échantillon en prenant en compte à la fois les variables qualitatives et les variables quantitatives dans la construction du plan factoriel. Les figures graphiques sont présentes en ANNEXE 6.

Sur le graphique des variables quantitatives (ANNEXE 12) un peu moins de 30% d'information (pourcentage d'inertie cumulée) sont portées par les dimensions 1 et 2. Par conséquent, la qualité du plan factoriel est médiocre. La première dimension est principalement construite à partir des variables « SAU » et « charges.tot » ainsi que des variables « revenu.fi.tot » et « fonction.sociale.arbre », moins bien représentées cependant. Les variables « RA.SAU », « RS.cult.SAU » et « ETP.fam.SAU » s'opposent aux variables précédemment citées par rapport à la première dimension. Par conséquent, les exploitants possédant des surfaces de parcelle relativement grandes ont des charges d'exploitation plus importantes mais dégagent néanmoins un revenu financier relativement conséquent. A l'inverse, les exploitants avec des surfaces exploitées plus restreintes ont généralement un niveau de diversification de leur production plus important. Leur exploitation repose davantage sur la main d'œuvre familiale et ils dégagent un plus fort revenu agricole/ha, ce qui implique que la surface qu'ils exploitent est économiquement plus valorisée. La deuxième dimension est principalement construite par la variable « fonction.env.arbre » et « ETP.salarie.SAU » (avec une qualité de projection médiocre), qui s'opposent à la variable « fonction.prod.arbre ». Il semblerait donc que les exploitants qui perçoivent principalement les services environnementaux rendus par les arbres dans l'agroforesterie s'opposent à ceux qui perçoivent avant tout des services de production. Cette information se trouve notamment confirmée par la forte corrélation négative (-0.67) de ces deux variables (ANNEXE 12).

Sur le graphique des variables qualitatives (ANNEXE 12) les variables « irrigation », « main d'œuvre salariée », « fertilisation », « taille », « formation » sont corrélées avec la première dimension. Les variables « titre foncier », « agrandissement_futur », « agrandissement_passee », « jachere », « phytosanitaire », « gestion_arbre » sont plutôt corrélées avec la seconde dimension.

Par rapport aux modalités prises par les différentes variables de contrôle, il semblerait que les exploitants ayant des productions principalement destinées à l'autococonsommation, soient plutôt âgés de 46 à 55 ans, soient pluriactifs et n'aient pas de reçu de formation agricole. Ces exploitants ne parviennent toutefois pas à produire suffisamment de banane et de manioc pour couvrir leur besoins (et celui de leur famille proche). Ils n'ont pas de titre foncier pour la plupart et n'ont pas réalisé d'agrandissement par le passé mais projettent d'agrandir leur parcelle dans le futur. Ils n'emploient pas de main d'œuvre salariée et ne taillent pas les arbres présents sur la parcelle. Leur gestion des arbres est principalement guidée par l'enrichissement ou le maintien de la strate arborée.

Les autres exploitants, de 36 à 45 ans ou de 56 à 65 ans ont plutôt tendance à avoir suivi au moins une formation agricole. Ils se distinguent en deux groupes toutefois. D'une part, les exploitants de 36 à 45 ans ont davantage pour stratégie l'investissement via l'élevage et de la vente à faible valeur ajoutée en complément de leur production à destination de l'autoconsommation. Ils ont un titre foncier qui leur confère une certaine stabilité et ont réalisé pour la plupart un agrandissement de leur parcelle dans le passé. Ils fertilisent certaines de leurs cultures et en terme de gestion des arbres, ils ont plutôt tendance à couper les arbres existants pour les remplacer, souvent par des arbres dont ils retirent une production.

D'autre part, les exploitant plus âgés (56 – 65 ans et plus) et majoritairement agriculteur (professionnels ou retraités) ont plutôt tendance à faire de la vente à faible valeur ajoutée comme stratégie principale ou en complément d'une production destinée à l'autoconsommation. Ils emploient de la main d'œuvre salariée, taillent leurs arbres et couvrent globalement leurs besoins alimentaires de base. Ils ont plutôt tendance à irriguer ce qui va de paire avec la production maraîchère et ne réalisent pas de jachère.

Trois groupes d'individus se distinguent globalement sur le graphique des individus (ANNEXE 12). Le tableau ci-dessous résume les tendances suivies par ces trois groupes en terme de durabilité économique, sociale et environnementale.

Durabilité économique :

		Système 1 : Exploitants en cours d'installation ou en phase de premiers investissements avec une stratégie de production à destination de l'autoconsommation et de la vente à faible valeur ajoutée ou d'investissements	Système 2 : Exploitants retraités ou en anticipation de la retraite, formés à l'agriculture avec des productions de faible valeur ajoutée totalement destinées à la vente ou en vente à forte valeur ajoutée avec de l'autoconsommation	Système 3 : Jeunes exploitants ou en phase de stabilité, souvent pluriactifs et non formés, ayant des productions principalement destinées à l'autoconsommation
Niveaux	Indicateurs			
Individuel	SAU	moyenne	grande	petite
	Revenu financier	moyennes	fort	faible
	Charges d'exploitation	moyennes	fortes	faibles
	Agrandissement passé	oui	oui/non	oui/non
	Agrandissement futur	non	oui/non	oui
	Possession d'un titre foncier	oui	oui/non	non
	Revenu agricole/ha	moyen	faible	fort
	Diversité des espèces cultivées	moyenne	faible	forte
	Main d'œuvre salariée	moyenne	nombreuse	faible
	Main d'œuvre familiale	moyenne	faible	nombreuse
	Taille des arbres	oui/non	oui	non

Syst 1 : La durabilité économique de ces systèmes réside dans leur stabilité foncière qui leur a permis d'effectuer un agrandissement de leur parcelle. Ces systèmes sont particulièrement efficaces dans leur capacité à se développer et à être transmissibles.

Syst 2 : Ces systèmes se caractérisent par une agriculture plutôt professionnelle qui offre une capacité financière à employer une main d'œuvre salariée relativement importante. Les productions sur la parcelle sont moins diversifiées et tendent probablement plus vers une spécialisation pour la vente avec une taille des arbres pour accroître le potentiel productif. Bien que la composante économique et financière soit relativement stable/équilibrée, l'espace exploité dans ces systèmes est vaste mais néanmoins peu valorisé au regard du revenu/ha.

Syst 3 : La capacité financière et économique de ces systèmes est relativement faible, il n'y a pas de pratique qui contribue à l'efficacité globale de la productivité sur la parcelle et celle-ci est instable en termes de transmissibilité. Toutefois, ce système qui fonctionne avec peu de charges offre une résilience intéressante dans sa stratégie d'alimentation familiale avec une intense diversification des productions, une main d'œuvre familiale peu coûteuse et une forte valorisation de l'espace.

Durabilité environnementale :

		Système 1 : Exploitants en cours d'installation ou en phase de premiers investissements avec une stratégie de production à destination de l'autoconsommation et de la vente à faible valeur ajoutée ou d'investissements	Système 2 : Exploitants retraités ou en anticipation de la retraite, formés à l'agriculture avec des productions de faibles VA destinées totalement à la vente ou en vente à forte valeur ajoutée partiellement avec de l'autoconsommation	Système 3 : Jeunes exploitants ou en phase de stabilité, souvent pluriactifs et non formés, ayant des productions principalement destinées à l'autoconsommation
Niveaux	Indicateurs			
Individuel	fertilisation	oui	oui/non	non
	gestion des arbres	remplacement	coupe	maintien / enrichissement
	jachère	oui/non	non	oui
Collectif	irrigation	oui	oui/non	non
	phytosanitaire	non	non	oui

Syst 1 : D'un point de vue environnemental, ce système est relativement stable et assure un renouvellement de la fertilité du sol par des pratiques d'enrichissement au pied des cultures et de jachère pour une partie d'entre eux. Ils assurent ainsi le maintien du potentiel productif de leur parcelle à court et moyen terme. En revanche à l'échelle collective, les exploitants de ces systèmes irriguent leurs parcelles, et sont en ce sens des consommateurs importants de ressources en eau.

Syst 2 : A l'échelle collective, ce système est relativement neutre en terme d'impact. A l'échelle individuelle, en revanche, l'exploitant épuise progressivement la fertilité du sol par la coupe des arbres et le fait qu'il ne réalise pas de jachère. De plus, la stratégie de coupe des arbres participe à réduire potentiellement la biodiversité de la parcelle.

Syst 3 : Le maintien, voir l'enrichissement de la strate arborée participe activement à la durabilité de ce système car les arbres contribuent à limiter l'érosion du sol et créent un micro-climat favorable pour le maintien de l'humidité du sol. De plus, ils contribuent au renouvellement de la fertilité du sol par son importante production de biomasse ce qui contrebalance en partie le manque d'apport de fertilisant par l'exploitant. A l'échelle collective l'utilisation de produits phytosanitaires est néfaste pour l'environnement mais notons qu'il ne concerne qu'un individu ce qui rend l'interprétation de cette variable assez incertaine.

Durabilité sociale :

		Système 1 : Exploitants en cours d'installation ou en phase de premier investissements avec une stratégie de production à destination de l'autoconsommation et de la vente à faible valeur ajoutée ou d'investissements	Système 2 : Exploitants retraités ou en anticipation de la retraite, formés à l'agriculture avec des productions de faibles VA destinées totalement à la vente ou en vente à forte valeur ajoutée partiellement avec de l'autoconsommation	Système 3 : Jeunes exploitants ou en phase de stabilité, souvent pluriactifs et non formés, ayant des productions principalement destinées à l'autoconsommation
Niveaux	Indicateurs			
Individuel	couverture des besoins alimentaires	oui	oui/non	non
collectif	emploi de main d'œuvre salariée	oui/non	oui	non

Syst 1 : La force de ce systèmes réside dans la couverture des besoins alimentaire qu'il assure à l'exploitant et à sa famille ce qui participe à assurer une durabilité sociale à l'échelle individuelle.

Syst 2 : La force de ce système réside dans la durabilité sociale qu'il fourni à l'échelle collective via l'emploi de main d'œuvre salariée.

Syst 3 : Individuellement comme collectivement, la parcelle ne contribue à aucune forme de durabilité sociale.

c) Evaluation de la durabilité individuelle et collective à l'échelle de l'exploitation agricole

Le pourcentage d'inertie cumulé expliqué par les deux premières dimensions est d'environ 25% ce qui est peu et rend médiocre la qualité de projection du plan factoriel (ANNEXE 13). Les trois variables sont également assez mal projetées. Les variables « epargne_animale » et « SAU » sont positivement corrélées à la première dimension.

Au regard des variables qualitatives (ANNEXE 13), il semblerait que ce ne soit pas les exploitants qui ont pour stratégie principale l'investissement qui ont l'épargne animale la plus conséquente. Il s'agit en revanche plutôt des exploitants qui font à la fois de l'autoconsommation et de la vente à faible ou forte valeur ajoutée. Le fait d'avoir une épargne importante liée à l'élevage semble réunir principalement les exploitants qui appartiennent à un réseau agricole formel et qui vendent leurs productions à une association ou à un restaurateur.

A l'inverse, les exploitants ayant peu d'épargne animale, sont plutôt des exploitants non professionnels dans la mesure où ils sont pluriactifs et non formés, ne commercialisent pas leurs productions (productions à destination de l'autoconsommation), ne touchent pas les aides de la PAC et n'appartiennent pas à un réseau d'agriculteurs formels (ils font plutôt de l'entraide). Ces agriculteurs possèdent également plusieurs parcelles ce qui leur permet de multiplier leurs productions en s'assurant une forme de résilience.

Les exploitants ayant une ou peu de parcelles sont principalement des éleveurs et des agriculteurs ayant spécialisé leurs productions vers des produits de faible valeur ajoutée à destination de la vente. Ils commercialisent leurs produits auprès de revendeurs et de la coopérative.

Trois groupes d'individus se distinguent globalement sur le graphique des individus (ANNEXE 13). Le tableau ci-dessous résume les tendances suivies par ces trois groupes en terme de durabilité économique, sociale et environnementale.

Durabilité économique

		Système 1 : Exploitants âgés à l'approche de la retraite pour lesquels l'agriculture représente l'activité principale. Leurs productions sont spécialisées vers la vente à faible valeur ajoutée ou l'investissement via l'élevage	Système 2 : Exploitants formés à l'agriculture, en phase de premiers investissements conséquents avec une stratégie principalement orientée vers un mixte entre autoconsommation et vente à partir de productions à faible ou forte valeur ajoutée.	Système 3 : Jeunes exploitants ou en phase de stabilité de l'exploitation. Ils sont pluriactifs et non formés formellement à l'agriculture et ont pour principale objectif de produire pour l'autoconsommation
Niveaux	Indicateurs			
Individuel	Capital lié à l'épargne animale	moyen	important	faible
	Crédit passé ou en cours	oui	oui/non	non
	Contrainte financière	non	oui	non
	Contrainte structurelle	oui	oui/non	non
	Réception des aides PAC	oui	oui	non
	Nombre de parcelle(s) exploitée(s)	faible	moyen	important
Collectif	Circuit de commercialisation	coopérative / revendeur	marché / association / particulier	Bord de route / pas de vente

Syst 1 : A l'échelle individuelle, les exploitants caractérisés par le système 1 concentrent leurs ressources agricoles sur une seule parcelle ce qui ne leur permet pas de diversifier fortement leurs productions (d'autant qu'ils ont plutôt une stratégie de spécialisation des productions). Ce phénomène réduit leur résilience en cas de mauvaises récoltes. Ces exploitants ont également des contraintes structurelles qui impactent négativement leur productivité. Cependant, ils ont des capacités financières globalement plus solides que dans les deux autres systèmes ce qui leur a notamment permis de réaliser des investissements conséquents via un emprunt. Ces exploitants sont dans un circuit de commercialisation professionnel qui leur garantit une vente grâce au contrat avec la coopérative agricole qu'ils détiennent. Au-delà des bénéfices d'avoir une vente garantie, ces systèmes participent collectivement au développement de la vente en circuit court via un réseau formel.

Syst 2 : Economiquement, la force des exploitants du système 2 réside dans l'obtention des aides PAC et dans l'importante épargne qu'ils placent dans l'élevage d'animaux. Toutefois, ces avantages financiers viennent contrebalancer une ou plusieurs contraintes financières qui limitent l'exploitant dans le développement de son exploitation. De plus, les circuits de commercialisation de ces systèmes sont variés et comme pour les exploitants du système 1, les agriculteurs ayant des productions à forte valeur ajoutée vendent une partie de leur production en circuit formel via les associations agricoles qui assurent la transformation et la vente de leurs produits. Ils participent en ce sens, au développement de certaines filières, notamment de plantes à parfum et médicinales (vanille, cacao, café, etc.).

Syst 3 : Les exploitants caractérisés par le système 3, font principalement de l'agriculture informelle et ont une capacité financière à se développer très faible. Bien qu'il aient peu de contraintes économiques, ils ne reçoivent pas d'aides PAC et n'ont pas ou peu d'épargne liée à l'agriculture. Toutefois, ils exploitent plusieurs parcelles ce qui leur permet de diversifier leurs productions et d'être plus résilients pour subvenir à ses propres besoins. Collectivement, ce système ne rentre pas dans les circuits de commercialisation formels. Par conséquent, ils ne participent pas au développement de l'agriculture formelle sur le territoire, bien qu'il contribuent à l'économie du territoire via la vente des produits en informel.

Niveaux	Indicateurs	Système 1 : Exploitants âgés à l'approche de la retraite pour lesquels l'agriculture représente l'activité principale. Leurs productions sont spécialisées vers la vente à faible valeur ajoutée ou l'investissement via l'élevage	Système 2 : Exploitants formés à l'agriculture, en phase de premiers investissements conséquents avec une stratégie principalement orientée vers un mixte entre autoconsommation et vente à partir de productions à faible ou forte valeur ajoutée.	Système 3 : Jeunes exploitants ou en phase de stabilité de l'exploitation. Ils sont pluriactifs et non formés formellement à l'agriculture et ont pour principale objectif de produire pour l'autoconsommation
Individuel	Contrainte environnementale	non	non	oui

Syst 1 : D'un point de vue environnemental, les exploitants du système 1, n'ont pas de contrainte liée au capital naturel qu'ils exploitent ce qui leur permet de bénéficier de ressources favorables à l'agriculture et d'en tirer des bénéfices à plus ou moins long terme.

Syst 2 : Identique pour le système 2

Syst 3 : La faiblesse des exploitants du système 3 réside dans leurs contraintes environnementales. En effet, ces contraintes limitent la productivité directe des terres exploitées mais aussi la reproductibilité de leur potentiel productif à court et moyen terme.

Niveaux		Indicateurs	Système 1 : Exploitants âgés à l'approche de la retraite pour lesquels l'agriculture représente l'activité principale. Leurs productions sont spécialisées vers la vente à faible valeur ajoutée ou l'investissement via l'élevage	Système 2 : Exploitants formés à l'agriculture, en phase de premiers investissements conséquents avec une stratégie principalement orientée vers un mixte entre autoconsommation et vente à partir de productions à faible ou forte valeur ajoutée.	Système 3 : Jeunes exploitants ou en phase de stabilité de l'exploitation. Ils sont pluriactifs et non formés formellement à l'agriculture et ont pour principale objectif de produire pour l'autoconsommation
Collectif	Appartenance à un réseau agricole formel	oui	oui	non	
	Entraide	non	oui/non	oui	

Syst 1 : Les exploitants du système 1, sont présents au sein des réseaux agricoles formels ce qui leur permet de bénéficier d'un soutien technique mais aussi de participer aux échanges de connaissances et d'innovations. En revanche, ces agriculteurs font peu appel à l'entraide.

Syst 2 : Les exploitants du système 2 sont caractérisés par une durabilité sociale importante puisqu'ils sont actifs dans les réseaux agricoles formels et activent un second réseau informel pour réaliser certaines tâches et/ou échanger des connaissances agricoles.

Syst 3 : Les exploitants du système 3 font principalement appel à l'entraide pour leur exploitation, ce qui fait d'eux des acteurs importants du territoire en termes de solidarité agricole.

Conclusions et Perspectives

I. Conclusion

a) Atouts et limites de l'étude

En ce qui concerne les enquêtes auprès des producteurs, l'évaluation du revenu agricole s'est basée sur les produits déclarés par les agriculteurs. Bien qu'une partie conséquente des agriculteurs enquêtés aient l'habitude de peser et de déclarer leurs productions à la DAAF, les données déclarées sur une année restent approximatives et non vérifiables. Par conséquent, ces estimations amènent un biais dans l'évaluation du revenu agricole et ne permettent pas de connaître la marge d'erreur de l'approximation. Ajoutons que l'estimation des pertes liées aux ravages des cultures, notamment par les makis, et les vols restent difficiles à mesurer sur le terrain et à quantifier par les agriculteurs.

La taille de l'échantillon des exploitants enquêtés reste restreinte pour tirer des conclusions statistiquement significatives et extrapoler ces résultats. En revanche, les enquêtes menées par Clémentine Couderq, lors de son stage de fin d'étude ont enrichi les données collectées à l'échelle du système d'exploitation et permettent d'obtenir des tendances significativement plus pertinentes. Il ne faut pas écarter que les agriculteurs enquêtés ne sont pas représentatifs de l'ensemble des agriculteurs à Mayotte. En effet, les agriculteurs enquêtés sont tous déclarés auprès de la DAAF ou du SRF ou d'autres institutions. Or, une partie non négligeable des agriculteurs à Mayotte est représentée par les exploitants en situation irrégulière. Du fait de leur situation, l'obtention du contact de ces personnes est plus compliqué et ceux-ci sont généralement moins enclins à être interrogés. Toutefois, les agriculteurs enquêtés sont représentatifs du public agricole qui sera potentiellement bénéficiaire des futures aides provenant des politiques publiques (Magnant, 2023).

La caractérisation des SAFs avait avant tout pour objectif de décrire la diversité existante de ces systèmes. Les moyens ainsi mis en œuvre pour caractériser le jardin mahorais n'ont pas été pensés pour distinguer les systèmes agroforestiers, des parcelles agricoles non agroforestières. Par conséquent, aucun indicateur n'a été défini pour le moment pour discriminer l'agroforesterie d'autres formes d'agriculture. Notons, que la limite entre ce qui peut être considéré comme de l'agroforesterie et ce qui ne l'est pas à Mayotte est mince et reste assez subjectif pour le moment. Pour effectuer cette distinction plusieurs indicateurs sur la structure (seuil minimal d'arbres sur la parcelle par exemple) et la fonction (diversité des fonctions, rôle écologique) des parcelles sont envisageables, mais le choix de l'entrée dépend fortement de la finalité de la typologie. A titre d'exemple, la densité minimale d'arbres sur une parcelle peut constituer une limite qui distingue agroforesterie/non agroforesterie si l'objectif est de promouvoir le maintien du patrimoine arboré. Dans une autre perspective, le niveau de biodiversité potentiel sur la parcelle peut être un indicateur discriminant si l'intérêt de la distinction est avant tout de valoriser les services écologiques permis par l'agroforesterie. Par conséquent, cette limite peut prendre plusieurs formes et implique de co-construire une réflexion sur la valorisation de l'agroforesterie qu'on souhaite donner. De plus, les données de l'OCSGE utilisées pour identifier les SAFs datent de 2016 et comme nous l'avons vu plus haut, le taux de déforestation n'a cessé de grimper ces dernières années. Par conséquent, la quantité d'arbres dans le paysage agricole en 2016 était plus ou moins différente d'aujourd'hui selon les zones, et dans certaines parcelles identifiées comme agroforesterie, la présence de l'arbre était particulièrement faible.

Une limite également concerne l'applicabilité de la typologie. En effet, l'entité de référence soumise aux demandes de financement est généralement la parcelle agricole (ou la surface

agricole utile). Or, nous avons élaboré une typologie à l'échelle de l'îlot au regard de l'hétérogénéité des parcelles et des difficultés méthodologiques que pose le passage d'une échelle à l'autre. Pour l'instant, nous pouvons envisager qu'une aide puisse être accordée à l'échelle de la parcelle en apportant des financements différenciés selon le type d'îlot et au prorata de la surface occupée par chacun de ces types sur la parcelle. Néanmoins, l'attribution de financement sur cette base doit être réfléchi plus amplement afin que les demandes de financement et contrôles soient simplifiés et justement administrés.

b) Bilan des travaux réalisés

Les travaux issus du projet Jéjé Forêt ont permis de produire une typologie des SAFs qui rend compte de la diversité du jardin mahorais à partir d'un diagnostic agro-environnemental précis. Cette typologie ne sera pas en vigueur à l'issue du projet mais elle pourra tout de même servir de ligne directrice pour conseiller, servir d'argumentaire en faveur de certaines pratiques ou encore comme support de communication. Plusieurs institutions sont potentiellement intéressées par celle-ci et y voient un outil d'aide à la décision. D'une part, pour la COOPAC, cette typologie pourrait appuyer les agriculteurs dans le choix de leurs productions. D'autre part, pour le SRF du département, la typologie pourrait servir d'argumentaire pour valoriser le type 3 (agroforesterie à ambiance forestière) dans les zones de forêt départementale (Magnant, 2023). L'évaluation des pratiques agricoles dans les SAFs a confirmé que peu d'intrants et de mécanisation sont utilisés dans ces systèmes. Néanmoins, il ne semble pas y avoir de différence majeure entre les pratiques dans les différents types d'îlots agroforestiers. Enfin une évaluation des performances économiques des SAFs a été réalisée à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation. Elle permet de distinguer trois systèmes qui se distinguent par la durabilité économique, sociale et environnementale qu'il confèrent.

II. Perspectives pour la suite

Le projet Jéjé Forêt a répondu à plusieurs objectifs. Néanmoins certains aspects n'ont pas encore été traités comme la création d'une charte agro-écologique pour la reconnaissance et valorisation des multiples fonctions du jardin mahorais. Par conséquent, la suite du projet Jéjé Forêt, prévue dans le cadre de la prochaine programmation RITA 2024-2027, s'articulera autour de cette charte en tant qu'outil pour promouvoir l'intensification écologique du jardin mahorais. Dans la suite, il s'agira également de poursuivre le travail débuté sur l'évaluation de la durabilité des SAFs se poursuivra en collaboration avec la DAAF via leur projet Agri-Référents. De plus, l'évaluation et la valorisation de la biodiversité dans les SAFs sera consolidée. Enfin, l'UICN prévoit de produire des vidéos pédagogique sur les SAFs et une évolution du jeu Jéjé Forêt est envisagée.

Au-delà de ces prévisions, notons que le projet BIOTAMAYA (Biodiversité et Occupation des Territoires à Mayotte) porté par l'OFB et le CIRAD est actuellement en cours et vise à cartographier l'occupation des sols à Mayotte et notamment les espaces agroforestiers. Les classes désignant les espaces agroforestiers ont été adaptées pour prendre en compte les travaux du projet Jéjé Forêt en distinguant les systèmes agroforestiers en fonction de la densité de la couverture arborée (agroforesterie avec couvert dense, modéré ou clairsemé). Cette cartographie actualisée offrira pour la suite un nouvel outil sur lequel s'appuyer pour échantillonner et analyser les SAFs.

Bibliographie

Agreste Mayotte. 2018. *Mémento de la statistique agricole* (2). Mayotte : DAAF Mayotte,

- Allaoui A. 1999. *Etude filiere commercialisation vivriers Mayotte*. (Mémoire en vue de l'obtention du DITARC). Mayotte : CNEARC, 127 p. Disponible sur : https://agritrop.cirad.fr/576662/1/Allaoui_1999_Filieres-Vivriers_Mayotte_CNEARC.pdf (Consulté le 23 octobre 2023).
- Badouin R. 1987. L'analyse économique du système productif en agriculture. *Les Cahiers de Sciences Humaines*, 23(3-4), p. 357-375.
- Berthelemy N. 2011. *Les systèmes agroforestiers à Mayotte*. Direction Agriculture et Forêt DAF, Mayotte, 12 p.
- Bihannic L. et Michel-Guillou E. 2011. Développement durable et agriculture durable : sens du concept de « durabilité » à travers la presse régionale et le discours des agriculteurs. *Développement durable et territoires*, 2(3), p. 1-17.
- BRGM/RP. 2021. *Suivi hydro-sédimentaire et modélisation de l'érosion des sols à Mayotte - Projet LESELAM 2*. Mamoudzou : BRGM, 215 p. Disponible sur : <https://www.brgm.fr/fr/reference-projet-acheve/leselam-lutte-contre-erosion-sols-envasement-lagon-mayotte> (Consulté le 13 octobre 2023).
- Brossier J. 1987. Système et système de production : note sur ces concepts. 23(3-4), p. 377-390.
- CBNM. 2014. *Carte des secteurs bioclimatiques de Mayotte*.
- Chabalière P.F. 2006. *Appui au volet agronomique CIRAD Mayotte - Fertilité physique et chimique des sols, utilisation des boues d'épuration en compost*. Mayotte : CIRAD, 19 p. Disponible sur : https://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=539242 (Consulté le 23 octobre 2023).
- Cirad et Gret. 2009. *Mémento de l'agronome*. Versailles. Quae, 1696 p.
- Cochet H. et Devienne S. 2006. Fonctionnement et performances économiques des systèmes de production agricole : une démarche à l'échelle régionale. *Cahiers Agricultures*, 15(6), p. 578-583.
- DAAF - SDTR. 2015. *Disposition propres au biens agroforestiers*. Disponible sur : https://daaf.mayotte.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Arrete2015-59_cle8bc8f4.pdf (Consulté le 6 juin 2022).
- DAAF La Réunion. 2021. *Recensement agricole 2020 - La Réunion (112)*. Saint-Denis : Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt, 4 p. Disponible sur : <https://daaf.reunion.agriculture.gouv.fr/les-premiers-resultats-du-recensement-agricole-2020-a2794.html>
- DAAF Mayotte. 2018. *Conjoncture et évolution des prix des produits agricoles (87)*. Mayotte : DAAF Mayotte, 4 p.
- DAAF Mayotte. 2016. *Le jardin mahorais : modèle d'agroécologie, mais quel avenir ? (68)*. Mamoudzou : 4 p.
- DAAF Mayotte. 2011. *L'essentiel du recensement agricole 2010*. Mamoudzou : 30 p. Disponible sur : https://daaf.mayotte.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/RA_2010_Mayotte_Synthese_illustrée_cle834597.pdf (Consulté le 1 septembre 2023).

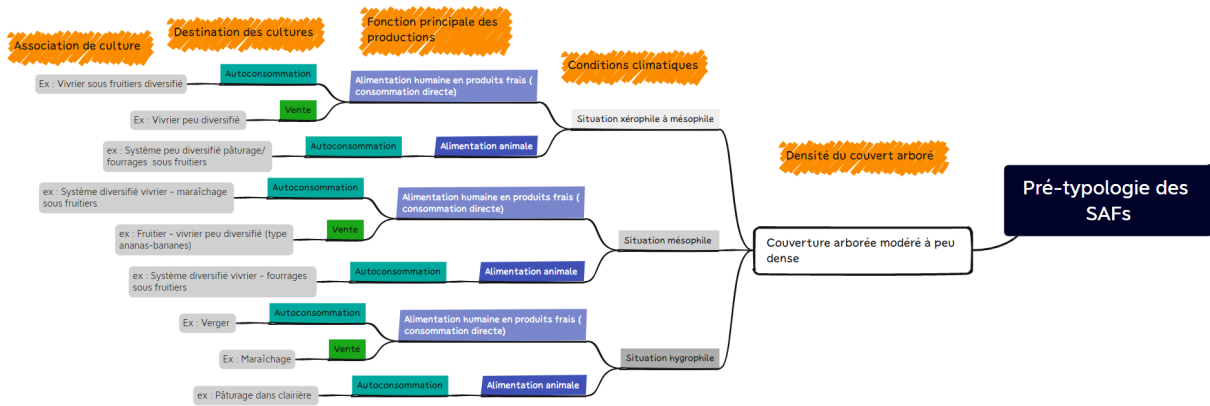
- DAAF Mayotte. 2022a. *Mémento 2021 Mayotte*. Mamoudzou : 15 p. Disponible sur : https://daaf.mayotte.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/memento_daaf976_2021-4.pdf (Consulté le 12 septembre 2023).
- DAAF Mayotte. 2022b. *Mercuriales des prix agricoles à Mayotte*. Disponible sur : <http://daaf.mayotte.agriculture.gouv.fr/2022-a507.html> (Consulté le 6 septembre 2023).
- DAAF Mayotte. 2014. *Plan Régional de l'Agriculture Durable 2014-2020*. Mamoudzou : 17 p. Disponible sur : https://daaf.mayotte.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/PRAD_Mayotte_cle0258f6.pdf (Consulté le 1 septembre 2023).
- DAAF Mayotte. 2021. *Recensement agricole 2020 - Mayotte (1)*. Mayotte : DAAF Mayotte, Disponible sur : https://daaf.mayotte.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/976_Etudes_4_pages_RA_V6_14dec-1_cle03abfb.pdf (Consulté le 13 avril 2022).
- DEAL Mayotte. 2019. *Occupation du Sol à Grande Echelle (version 2016)*.
- Deffontaines S. 2013. *Agroécologie et agroforesterie à Mayotte. Diagnostic et lignes directrices pour l'Action*. Antananarivo : Agrisud International, 22 p.
- Delzons O., Cima V., Fournier C., Gourdain P., Hérard K., Lacoëuilhe A., Laignel J., Roquinarç'h O., et Thierry C. 2021. *Indice de qualité écologique (IQE) Indice de potentialité écologique (IPE) Guide méthodologique*. UMS Patrimoine naturel (PatriNat), Disponible sur : <https://inpn.mnhn.fr/docs-web/docs/download/377991> (Consulté le 30 octobre 2023).
- Duffy J.E., Godwin C.M., et Cardinale B.J. 2017. Biodiversity effects in the wild are common and as strong as key drivers of productivity. *Nature*, 549(7671), p. 261-264. DOI : 10.1038/nature23886
- Dupraz C., réal. (réalisateur). 2018. *Les services écosystémiques dans les systèmes agroforestiers*. Disponible sur : <https://rmt-agroforesteries.fr/services-ecosystemiques-rendus-par-lagroforesterie/> (Consulté le 13 février 2023).
- Eveno M. 2021. *Diversité et caractérisation de systèmes agroforestiers sur l'île de La Réunion*. (Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Systèmes Agricoles et Agroalimentaires Durables au Sud, spécialité Ressources Systèmes Agricoles et Développement). Montpellier : Montpellier SupAgro, 106 p.
- Evrard L. et Govaerts B. [s d]. *Analyses statistiques avec R*. Louvain, Belgique : , 74 p. Disponible sur : <https://bookdown.org/evraloui/lbira2110/> (Consulté le 31 août 2023).
- Gaillard C. et Sourisseau J.-M. 2009. Système de culture, système d'activité(s) et rural livelihood :enseignements issus d'une étude sur l'agriculture kanak(Nouvelle-Calédonie). *Journal de la Société des Océanistes*, (129), p. 279-294. DOI : 10.4000/jso.5889
- Gobat J.-M., Aragno M., et Matthey W. 2010. *Le sol vivant. Bases de pédologie - Biologie des sols*. Presses polytechniques et universitaires romandes. , 817 p. (Sciences et ingénierie de l'environnement).
- Greenacre M., Groenen P.J.F., Hastie T., Lodice d'Enza A., Markos A., et Tuzhilina E. 2022. Principal Component Analysis. *Nature Reviews Method Primers*, , p. 24.

- Gutjahr S., Vannesson L., Berger Cluzet C., et Morelli C. 2021. Construction d'un dispositif d'accompagnement de l'intensification agroécologique des jardins mahorais. *Agronomie, environnement et sociétés*, 11, p. 12.
- Hani F., Braga F., Stampfli A., et Keller T. 2003. RISE, a Tool for Holistic Sustainability Assessment at the Farm Level. *International Food and Agribusiness Management Review*, 6(4). Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/23941066_RISE_a_Tool_for_Holistic_Sustainability_Assessment_at_the_Farm_Level (Consulté le 24 août 2023).
- Huat J. 2022. *Document 3 : Présentation technique du projet Jéjé Forêt*.
- IGN. 2022. *Inventaire forestier*. Disponible sur : <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?article593> (Consulté le 25 août 2023).
- INSEE. 2023. *L'essentiel sur... Mayotte | Insee*. Disponible sur : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4632225> (Consulté le 23 août 2023).
- INSEE Réunion-Mayotte. 2023. *Enquête Emploi 2022 à Mayotte*. 2023, p. 2.
- Jagoret P., Kwesseu J., Messie C., Michel-Dounias I., et Malézieux E. 2014. Farmers' assessment of the use value of agrobiodiversity in complex cocoa agroforestry systems in central Cameroon. *Agroforest Syst*, 88, p. 983-1000.
- Jamnadass R., Place F., Torquebiau E., Malézieux E., Liyama M., Sileshi G.W., Kehlenbexk K., Masters E., McMullin S., Weber J.C., et Dawson I.K. 2013. Agroforestry, food and nutritional security. *World Agroforestry Centre*. 2013, p. 26.
- Jose S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Springer*, 76, p. 1-10.
- Larrieu L. et Gonin P. 2010. L'indice de biodiversité potentielle ou IBP : un outil pratique au service de la biodiversité ordinaire des forêts. *Forêt Entreprise*, 190, p. 52-57.
- Lazerge R. 2012. *Evaluation des aides agricoles à Mayotte*. CGAAER, 45 p. Disponible sur : <https://www.vie-publique.fr/rapport/31023-evaluation-des-aides-agricoles-mayotte> (Consulté le 23 octobre 2023).
- Lê S., Josse J., et Husson F. 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1). Disponible sur : <https://www.jstatsoft.org/article/view/v025i01>
- Li L. et Petit E. 2015. *Diagnostic agraire Mayotte, M'tsahara*. (Mémoire de fin d'étude pour le diplôme d'ingénieur agronome en développement agricole). Paris : AgroParisTech, 64 p.
- Losch B. et Sourisseau J.-M. 2002a. *Quels place et rôles pour l'agriculture à Mayotte ? Bilan-diagnostic du développement local*. Mamoudzou, Montpellier : CIRAD, 234 p.
- Losch B. et Sourisseau J.-M. 2002b. *Quels place et rôles pour l'agriculture à Mayotte ? Bilan-diagnostic du développement local*. Mamoudzou, Montpellier : Cirad, 234 p. Disponible sur : https://agritrop.cirad.fr/507566/1/document_507566.pdf (Consulté le 4 mai 2022).

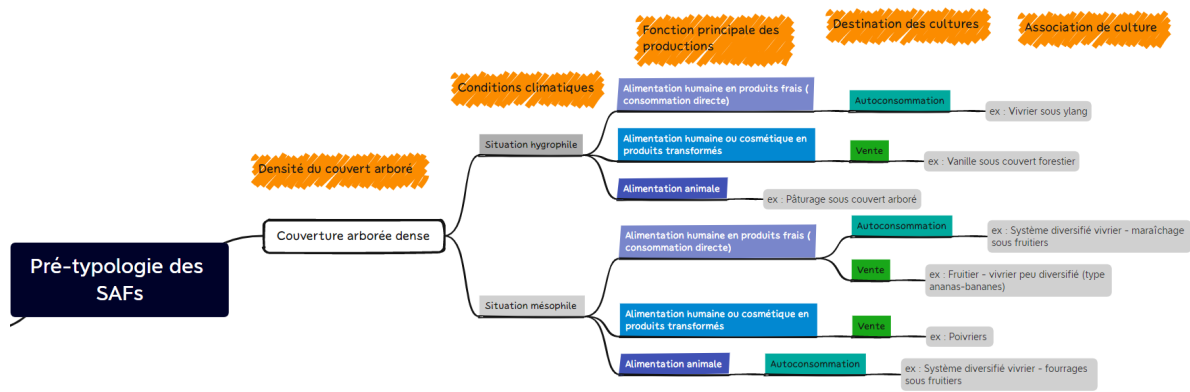
- Magnant F. 2023. *Analyse du patrimoine arboré et de la biodiversité des différents systèmes agroforestiers de Mayotte en vue de leur caractérisation*. (Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieure agronome). Montpellier : AgroParisTech, 89 p.
- Marcon E. 2010. 7 Mesures particulières | Mesures de la Biodiversité. *UMR Ecologie des forêts de Guyane*, , p. 58.
- Marzin J., Gréguin-Gresh S., Angeon V., Andrieu N., Banoviez Urrutia V., Cerdan C., Cialdella N., Huat J., et Daviron B. 2021. *Étude sur les freins et leviers à l'autosuffisance alimentaire : vers de nouveaux modèles agricoles dans les départements et régions d'outre-mer*. Montpellier : CIRAD - AFD, 236 p.
- Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire. 2022. *Recensement agricole 2020 (13)*. Paris : 4 p. Disponible sur : <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/Pri2213/detail/#:~:text=En%202020%2C%20la%20France%20m%C3%A9tropolitaine,des%20exploitations%20%C3%A0%20dominante%20v%C3%A9g%C3%A9tales>. (Consulté le 23 août 2023).
- Mitais S. 2019. *L'agroforesterie à Mayotte : une pratique en déclin ? Etude de cas en bordure de la forêt départementale de Hachiroungou et Dziani Bolé dans la commune de M'tsamboro*. (Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome. Spécialité : Ressources, Systèmes Agricoles et Développement (RESAD)). Montpellier : Montpellier SupAgro, 103 p.
- Moriaque Akplo T., Houessou L.G., Dan B.S.C., et Houinato M. 2019. Typologie et structure des systèmes agroforestiers. *Revue internationale des Sciences Appliquées*, 12(1), p. 29-39.
- Moussadek R., Mrabet R., Zante P., Marie Lamachère J., Pépin Y., Le Bissonnais Y., Ye L., Verdoodt A., et Van Ranst E. 2011. Effets du travail du sol et de la gestion des résidus sur les propriétés du sol et sur l'érosion hydrique d'un Vertisol Méditerranéen. *Canadian Journal of Soil Science*, 91(4), p. 627-635. DOI : 10.4141/cjss10096
- Myatt M. 2022. *twoby2: Analysis of a two by two table in Epi: Statistical Analysis in Epidemiology*. Disponible sur : <https://rdr.io/rforge/Epi/man/twoby2.html> (Consulté le 2 août 2023).
- Ostertagová E., Ostertag O., et Kováč J. 2014. Methodology and Application of the Kruskal-Wallis Test. *Applied Mechanics and Materials*, 611, p. 115-120. DOI : 10.4028/www.scientific.net/AMM.611.115
- Pauly M. 2011. Le zébus à Mayotte : son rôle tenu dans l'apparition des élites aux XII et XIIIème siècle. *Article SHAM*, Disponible sur : <http://archeologiemayotte.over-blog.com/article-le-zebu-a-mayotte-une-place-preponderante-dans-la-formation-d-une-classe-dirigeante-aux-xii-xiii-89837692.html> (Consulté le 23 octobre 2023).
- Préfecture de Mayotte. 2018. *Histoire et Géographie - Découvrir Mayotte - Culture, Tourisme et Patrimoine - Actions de l'État - Les services de l'État à Mayotte*. Disponible sur : <https://www.mayotte.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Culture-Tourisme-et-Patrimoine/Decouvrir-Mayotte/Histoire-et-Geographie> (Consulté le 25 octobre 2023).
- Rey M. 2019. *Caractérisation et évaluation des performances agronomiques et économiques du jardin mahorais*. (Mémoire de fin d'étude pour le diplôme d'ingénieur en agronomie). Lille : ISA, 114 p.

- Rodwell J.S. 2006. *NVC Users' Handbook*. JNCC. Peterborough :
- Sardou J.-D., Daniel J.-P., Mutel M., Duchaufour H., Langlais C., Fernandes P., Alphonse M.-E., et Malézieux E. 2014. Evolution de la structure d'un système agroforestier en relation avec le cycle de vie familial : cas du jardin de case en Haïti. *Bois et forêts des tropiques*, 3(321), p. 7-20.
- Seneschal E. 2021. *Développement d'indicateurs spatialisés de parcelles agroforestières de cacao en Côte d'Ivoire*. (Rapport de stage). Champs-sur-Marne : Ecole Nationale des Sciences Géographiques, 79 p.
- Sheil D., Puri R., Basuki I., Heist M., Wan M., Liswanti N., Rukmiyati, Sardjono M., Samsodin I., Sidiyasa K., Chrisandini, Permana E., Angi E., Gatzweiler F., Johnson B., Wijaya A., Rian L., Langap, Nyarit L., et Solok L. 2004. *A la découverte de la biodiversité, de l'environnement et des perspectives des populations locales dans les paysages forestiers; méthodes pour une étude pluridisciplinaire du paysage*. CIFOR. Jakarta, Indonesia : Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/263786627_A_la_decouverte_de_la_biodiversite_de_l'environnement_et_des_perspectives_des_populations_locales_dans_les_paysages_forestiers_methodes_pour_une_etude_pluridisciplinaire_du_paysage (Consulté le 25 août 2023).
- Singh R.K., Murty H.R., Gupta S.K., et Dikshit A.K. 2012. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15(1), p. 281-299. DOI : 10.1016/j.ecolind.2011.01.007
- SISE-DAAF Mayotte. 2018. *Etudes d'Informations Statistiques agricoles menées en 2017*. Mamoudzou : 48 p. Disponible sur : <http://sg-proxy02.maaf.ate.info/IMG/pdf/D97618A02.pdf>
- Terrier M., Gassel P., et Blanc J. 2013. Assessing the Sustainability of Activity Systems to Support Households' Farming Projects. Dans : *Methods and Procedures for Building Sustainable Farming Systems. Application in the European Context*. , p. 47-61. DOI : 10.1007/978-94-007-5003-6_5
- Torquebiau E. 2010. *Agroforesterie — Les Mots de l'agronomie*. Disponible sur : <https://mots-agronomie.inra.fr/index.php/Agroforesterie> (Consulté le 26 octobre 2023).
- Wagler C. 2007. *Comparaison de méthodes de description de la structure végétale de parcelles agroforestières à base de café, et évaluation des performances de ces parcelles*. (Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur AgroParisTech). Montpellier : AgroParisTech, 125 p.
- World Commission on Environment and Development. 1987. *Our Common Future*. Oxford, New York : Oxford University Press, 416 p. Disponible sur : <https://global.oup.com/academic/product/our-common-future-9780192820808?cc=fr&lang=en&> (Consulté le 24 août 2023).
- Zahm F., Alonso Ugaglia A., Barbier J.-M., Boureau H., Del'homme B., Gafsi M., Gassel P., Girard S., Guichard L., Loyce C., Manneville V., Menet A., et Redlingshöfer B. 2019. Évaluer la durabilité des exploitations agricoles. La méthode IDEA v4, un cadre conceptuel combinant dimensions et propriétés de la durabilité. *Cahiers Agricultures*, 28, p. 5. DOI : 10.1051/cagri/2019004

ANNEXE 1 : Pré-typologie des systèmes agroforestiers



Suite...



ANNEXE 2 : Carte des secteurs bioclimatiques, CBNM 2014



Carte des secteurs bioclimatiques de Mayotte, CBNM 2014

ANNEXE 3 : Protocole d'inventaire de la biodiversité – cf- UICN

Protocole : évaluation de la biodiversité potentielle des parcelles en agroforesterie

Afin d'évaluer la biodiversité des systèmes agroforestiers, ce protocole propose de parcourir l'ensemble de la parcelle afin de noter :

- La présence d'espèces arborées autochtones : on ne compte plus à partir de 5.

- La présence de zone humide, son type (rivière, cours d'eau, mare, résurgence, ...) et sa proximité avec la parcelle (0-10m, 10-20m, 20-30m)

Indices dans BD :

1 : 0-10m

2 : 10-20m

3 : 20- 30 m

- La présence d'une forêt dense (formation forestière avec une canopée dense et jointive) et sa proximité avec la parcelle (0-10m, 10-20m, 20-30m)

Indices dans BD :

1 : 0-10m

2 : 10-20m

3 : 20- 30 m

- La présence de blocs rocheux : blocs de plus de 1m de diamètre en partie émergé
- La présence d'une haie dense, de type arbustive haute, arborée ou multi-stratifiée sur plus de 50% du linéaire entourant la parcelle (voir le protocole d'inventaire du patrimoine forestier)
- Le nombre de strates présentes (herbacée, arbustive (inférieur à 7m), arboré basse (inférieure à 20m) et arboré haute)
- Le nombre d'arbres mort sur pied (on ne compte plus à partir de 5) : on le définit comme l'ensemble des arbres morts, quelle que soit l'essence, d'une hauteur supérieure à 1,3 m, et d'un diamètre supérieur à 7,5 cm
- Le nombre d'arbres de gros diamètre (GB et TGB) : diamètre supérieur à 47,5 cm (on ne compte plus à partir de 5)
- La présence de bois mort au sol : calculer le volume de bois mort au sol. Sur une diagonale du quadra d'inventaire forestier (20m), noter le diamètre de tous les bois morts au sol d'un diamètre supérieur à 5cm au croisement avec la diagonale.
- La présence d'andains, définit comme la présence de résidu de culture laissé au sol entre les cultures, pouvant former une barrière anti érosive)
- La présence de végétation spontanée (absence de désherbage au niveau des inter-rangs). S'il y a de la végétation spontanée, noter si elle est exotique envahissante ou non.
- L'utilisation de produits phytosanitaires, question posée à l'agriculteur
 - Le nombre d'arbres porteurs de micro-habitat (on ne compte plus à partir de 5), les micro-habitats sont Branches mortes (diamètre supérieur à la catégorie PB : 17,5cm)
 - Épiphyte
 - Cavité (diamètre de la cavité supérieur à 10 cm)
 - Trogne : renflement au sommet des troncs d'arbres causé par la taille successive : avec un diamètre supérieur à 27,5cm
 - Contrefort formant une cavité à terreau de plus de 10 cm de diamètre
 - Champignons : polypore pérenne de plus de 10 cm de diamètre
 - Fente à l'insertion de fourche : longueur de plus de 30

ANNEXE 4 : Fichier d'inventaire des espèces herbacées et arbustives – CIRAD

Protocole et collecte de données sur une parcelle

A l'attention de l'enquêteur

Date :

Nom de l'enquêteur :

N° de parcelle :

A. Observations parcelle

A.1.1- Dans quelle commune se situe la parcelle étudiée ?

A.1.2- Dans quel village se situe la parcelle ?

A.2.1- Qualifier la qualité de la piste d'accès à la parcelle. Mauvaise / Moyenne / Bonne

A.2.2- Noter d'éventuelles remarques sur l'accessibilité de la parcelle.

A.3- Quel est le type de milieu de la parcelle ? Xérophile / Mésophile / Hygrophile

A.4- Caractériser la présence d'un bassin versant, d'un cours d'eau, de leur forme et de leur régime.

A.5.1- Prendre les points GPS sur le tour de la parcelle.

A.5.2- Noter la surface de la parcelle en m².

A.6- Pâturage ou prélèvement de fourrage ?

B. Inventaire floristique

B.1.1- Combien d'îlots y a-t-il sur la parcelle ?

Caractéristiques générales de l'îlot n°1

B.1.2 - Noter le numéro de l'îlot :

B.1.3 -Noter les coordonnées GPS de l'îlot.

B.1.4 -Mesurer la surface de l'îlot en m². $S_{\text{îlot}} =$ _____ m²

B.1.5 -Classe de mesure du nombre de quadra : - Si $0 < S_{\text{îlot}} < 0,6\text{ha}$ -> inventaire sur 6% de la $S_{\text{îlot}}$

Nombre de quadra sur l'îlot = $S_{\text{îlot}} / 800 =$ _____

- Si $S_{\text{îlot}} \geq 0,6\text{ha}$ -> inventaire sur 5% de la $S_{\text{îlot}}$

Nombre de quadra sur l'îlot = $S_{\text{îlot}} / 1\,000 =$ _____

B.2.1- Noter la couleur du sol (selon le nuancier) et prendre une photo.

B.2.2- Caractériser la présence d'une litière au sol. Absente / Eparses / Denses

B.3.1- Caractériser l'érosion du sol. Faible / Moyenne / Forte

B.3.2- La roche mère est-elle apparente ? Oui / Non

B.4- Y a-t-il présence de résidus de culture sur la parcelle ? Oui / Non

B.5- Prendre des photos de l'îlot.

C. Inventaire par quadra

C.1- Noter le nom du quadra en lettre majuscule :

N° îlot :

Quadra	Strate (Arbustive / Herbacée)	Espèce	Nb de pied/espèce	% de régénération (ou enquête ?)

ANNEXE 5 : Fichier d'enquête

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE JEJE FORET

Nom de l'enquêteur :

Date :

Identité de l'exploitant

A.1) Nom de l'exploitant :

.....
.....

A.2) Lieu d'habitation de l'exploitant :

.....
.....

A.3) Lieu(x) de la ou des parcelles(s) :

.....
.....

Systeme d'activite

❖ Trajectoire de l'agriculteur

B.1) Quelle est/sont votre/vos activité(s) principale(s) ? (Professionnelles entre autres)

.....
.....

B.2) Etes-vous inscrit à la chambre d'agriculture ?

- Oui
- Non

B.3) Touchez-vous des aides PAC ?

- Oui
- Non

B.4) Combien de parcelles cultivez-vous ?

.....
.....

La suite des questions se rapporte à chacune des parcelles.

B.4.1) Où est-elle située ?

.....
.....

B.4.2) Quelle est sa surface (en m2 ou en ha) ?

.....
.....

B.4.3) Que cultivez-vous et à quoi sont principalement destinées les cultures ?

Parcelle 1 :

.....
.....autoconsommation/vente.....
.....

Parcelle 2 :

.....
.....autoconsommation/vente.....
.....

Parcelle 3 :

.....
.....autoconsommation/vente.....
.....

Parcelle 4 :

.....
.....autoconsommation/vente.....
.....

B.5) Depuis quand exploitez-vous ces parcelles ? (Date ou durée)

.....
.....
.....

B.6) Comment avez-vous été amené à exploiter cette/ces parcelle(s) ?

- Exploitation par la famille historiquement
- Rachat de terre
- Don/ prêt de terres à exploiter par un ami/voisin ou personne tiers.
- Terres qui étaient laissées en jachère, non exploitées
- Autre :

.....
.....
.....

B.7) Possédez-vous un titre foncier ?

- Oui
- Non

B.8.1) Avez-vous eu à recourir à un crédit pour exploiter votre parcelle ?

- Oui

- Non

B.8.2) Si oui, est-il toujours en cours ?

- Oui
- Non

B.8.3) A combien s'élève ce crédit approximativement ?

.....
.....
.....

B.9.1) Depuis que vous exploitez, l'espace cultivé a-t-il été agrandi ?

- Non
- Oui

B.9.2) Si oui, quelle surface représente cet agrandissement ?

.....

B.10.1) Envisagez-vous d'étendre l'espace que vous cultivez ?

- Oui
- Non

B.10.2) Si oui, quelle surface représente l'agrandissement ?

.....

B.10.3) Pour quelle(s) raison(s) souhaitez-vous agrandir votre parcelle ?

.....
.....
.....

B.10.4) Envisagez-vous de demander un crédit pour faire cet agrandissement ?

- Oui
- Non

❖ Appartenance à un réseau d'entraide

C.1.1) Faîtes-vous partie d'une association agricole, d'une coopérative ou d'un groupement d'agriculteurs ?

- Non
- Oui

C.1.2) Si oui, lequel ou laquelle ?

.....

C.1.2) Si oui, qu'est-ce qui vous a motivé à intégrer cette association ou groupement ?

.....
.....
.....

C.2.1) Entraidez-vous avec certains agriculteurs ?

- Oui
- Non

C.2.2) Pour quelle(s) activité(s) entraidez-vous ?

.....
.....

Système de production

❖ Capital travail

D.1) Quand allez-vous sur votre parcelle ?

- Tous les jours
- Un jour sur 2
- 2-3 fois par semaine
- Tous les week-ends
- Occasionnellement

D.2.1) Avez-vous de la main-d'œuvre familiale ?

- Oui
- Non

D.2.2) Si oui, pour quelle(s) activité(s) ?

.....
.....
.....

D.2.3) Combien de personnes ?

.....
.....

D.2.4) A quelle fréquence ?

.....
.....
.....

D.3.1) Y a-t-il d'autres personnes qui exploitent en dehors de la main d'œuvre familiale ?

- Oui
- Non

D.3.2) Si oui, combien de personnes ?

.....
.....

D.3.3) Pour quelle(s) activité(s) ?

.....
.....

D.3.4) Si oui, à quelle fréquence ?

.....
.....

D.3.5) Comment rémunérez-vous cette/ces personne(s) ?

- Avec les produits de récolte
- Avec une rémunération monétaire
- Autre :

.....
.....

D.3.6) Si c'est avec les produits de récolte, à combien (en quantité) s'élève la production qui est échangée contre la main d'œuvre ?

.....
.....
.....

D.3.7) Si c'est sous la forme d'une rémunération monétaire, à combien environ s'élève cette rémunération ?

.....
.....
.....

❖ Culture / calendrier / destination

Arbres fruitiers :

E.1.1) Avez-vous des arbres fruitiers ?

- Oui
- Non

E.1.2) Arbres fruitiers ?	E.1.3) Date plantation ?	E.1.4) Rendements ?	E.1.5.1) Vente ?	E.1.5.2) Quantité vendue ?	E.1.5.3) Prix de vente ?	E.1.5.4) Commercialisation ?	E.1.6) Quantité autoconsommée ?	E.1.7) Quantité données/échangée	E.1.8) Quantité volée ?	E.1.9) Quantité perdue ?
Manguier			Oui/non			Bord de route Particulier Revendeur Commerçant				
Agrume			Oui/non			Bord de route Particulier Revendeur Commerçant				
Papayer			Oui/non			...				
Litchi			Oui/non							
etc.										

E.10.1) Au sein de la parcelle, y a-t-il un ou plusieurs arbres dans lesquels vivent des makis, des roussettes ou des couleuvres ?

- Oui
- Non

E.10.2) Quels animaux sont concernés ?

- Makis
- Roussettes
- Couleuvres

E.10.3) Pour quels arbres ?

.....

Gestion des arbres :

Le nombre d'arbres déclarés coupés par l'agriculteur correspond au nombre d'arbres coupés lors de la dernière coupe

E.2.1) Arbres fruitiers ?	E.2.2) Coupe passée ?	E.2.3.1) Coupe prévue ?	E.2.3.2) Combien ?	E.2.3.3) Quand ?	E.2.3.4) Raison(s) ?	E.2.4.1) Plantation prévue ?	E.2.4.2) Quand ?	E.2.5) Choix essence ?
Manguier	Oui/Non	Oui/Non			Ombrage Arbre non productif Besoin de place Vols/pertes			Etaler la production Besoins alimentaires Demande consommateurs Dispo smeences
Agrume								
Papayer								
Litchi								
etc.								

Vivrier :

E.3.1) Arbres fruitiers ?	E.3.2) Date plantation ?	E.3.3) Rendement s ?	E.3.4.1) Vente ?	E.3.4.2) Quantité vendue ?	E.3.4.3) Prix de vente ?	E.3.4.4) Commercialis ation ?	E.3.5) Quantité autoconsomm ée ?	E.3.6) Quantité données/échang ée ?	E.3.7) Quantité volée ?	E.3.8) Quantité perdue ?
Bananier			Oui/no n			Bord de route Particulier Revendeur Commerçant				
Manioc			Oui/no n			Bord de route Particulier Revendeur Commerçant				
Ambreva de			Oui/no n			...				
etc.										

E.3.9) Produisez-vous ces cultures (banane/manioc) en quantité suffisante pour l'alimentation de votre famille ?

- Manioc
- Banane
- Aucun des deux
- Pas suffisamment de manioc
- Pas suffisamment de banane

E.3.10) En moyenne, combien de manioc / bananes consommez-vous au sein de votre famille par semaine ?

Manioc:.....
.....

Banane :.....
.....

E.3.11) Pendant les périodes non productives de banane et de manioc sur votre parcelle, comment vous procurez-vous ces produits :

- Achat
- Dons/échanges avec d'autres agriculteurs
- Je ne consomme pas de banane et/ou de manioc pendant les périodes non productives sur ma/mes parcelle(s)

Fourrage :

E.4.1) Fourrage ?	E.4.2) Date plantation ?	E.4.3) Rendements ?	E.4.4) Quantité autoconsommée ?	E.4.5) Quantité données/échangée ?	E.4.6) Quantité volée ?	E.4.7) Quantité perdue ?
Panicum						
Bananier fourrager						
Sangdragon						
etc.						

Maraîchage :

E.3.1) Maraîchage ?	E.3.2) Date plantation ?	E.3.3) Rendements ?	E.3.4.1) Vente ?	E.3.4.2) Quantité vendue ?	E.3.4.3) Prix de vente ?	E.3.5.4.4) Commercialisation ?	E.5.5) Quantité autoconsommée ?	E.5.6) Quantité données/échangée ?	E.5.7) Quantité volée ?	E.5.8) Quantité perdue ?
Tomates			Oui/non			Bord de route Particulier Revendeur Commerçant				
Concombre			Oui/non			Bord de route Particulier Revendeur Commerçant				
Aubergine			Oui/non			...				
etc.										

Aromatiques :

E.6.1) Aromatique ?	E.6.2) Date plantation ?	E.6.4) Rendements ?	E.6.4.1) Vente ?	E.6.4.2) Quantité vendue ?	E.6.4.3) Prix de vente ?	E.6.4.4) Commercialisation ?	E.6.5) Quantité autoconsommée ?	E.6.6) Quantité données/échangée ?	E.6.7) Quantité volée ?	E.6.8) Quantité perdue ?
Tomates			Oui/non			Bord de route Particulier Revendeur Commerçant				
Concombre			Oui/non			Bord de route Particulier Revendeur Commerçant				
Aubergine			Oui/non			...				
etc.										

❖ Atelier élevage

F.1.1) Faîtes-vous de l'élevage ?

- Oui
- Non

F.1.2) Si oui, quels animaux avez-vous et combien ?

Zébus – bovins :

- Oui :
- Non

Chèvres :

- Oui :
- Non

Moutons :

- Oui :
- Non

Volaille :

- Oui :
- Non

Autre :

- Oui :
- Non

F.2.1) Comment sont-ils conduits ?

- Pâturage
- En enclos
- Au piquet

F.2.2) Si pâturage ou piquet, à quelle fréquence ?

.....
.....
.....

F.3.1) prélevez-vous des aliments sur votre parcelle pour l'alimentation de vos animaux ?

- Oui
- Non

F.3.2) Si oui, de quels produits s'agit-il ?

.....
.....
.....

Dynamique du système de culture

G.1.1) Avez-vous toujours cultivé les cultures actuellement présentes, ou avez-vous changé de type de culture ?

- Oui
- Non

G.1.2) Si, oui que cultiviez-vous avant ?

.....
.....
.....

G.1.2) Pourquoi avez-vous décidé de changer ?

.....
.....
.....

G.2) En fonction de quoi choisissez-vous les cultures que vous plantez ?

- Pour étaler la production de façon à avoir des revenus réguliers
- En fonction des besoins pour l'alimentation familiale
- En fonction de la demande des consommateurs (si vente)
- Autre :

.....
.....
.....

G.3.1) Quelle(s) est/sont la/les principale(s) contrainte(s) d'exploitation que vous rencontrez ?

- Vols
- Ravageurs des cultures (makis, roussettes, rats)
- Dégâts liés à des maladies sur les cultures
- Problèmes liés au foncier
- Manque de main d'œuvre
- Manque de temps
- Manque de matériel
- Autre :

.....
.....
.....

G3.3) Si problèmes liés au foncier, de quoi s'agit-il ?

.....
.....

Pratiques et outils

❖ Jachère :

H.1.1) Pratiquez-vous la jachère ?

- Non
- Oui

H.1.2) Sur la/les parcelle(s) en jachère, y a-t-il des arbres fruitiers dont vous récoltez les fruits ?

- Non
- Oui

H.1.3) Sur la/les parcelle(s) en jachère, y a-t-il des espèces fourragères qui sont prélevées ou pâturées ?

- Non
- Oui

H.1.4) Combien de temps dure la jachère ?

.....
.....
.....

❖ Irrigation :

H.2.1) Faîtes-vous de l'irrigation ?

- Non
- Oui

H.2.2) Quand ?

.....
.....
.....

H.2.3) Quelle est la surface de culture qui est irriguée ?

.....
.....
.....

H.2.4) Utilisez-vous une motopompe ?

- Non
- Oui

❖ Taille :

H.3.1) Taillez-vous les arbres ?

- Non
- Oui

H.3.2) Utilisez-vous une tronçonneuse pour tailler vos arbres ou une autre machine consommatrice de carburant ?

- Non
- Oui

H.3.3) Quel carburant est utilisé ?

- Essence
- Gasoil

H.4.1) Est-ce que vous dessouchez les troncs quand vous coupez les arbres ?

- Non je laisse les souches
- Oui

H.4.2) Si oui, quelle machine utilisez-vous pour dessoucher ?

.....

H.4.3) Si cette machine consomme du carburant de quoi s'agit-il ?

- Essence
- Gasoil

H.5.1) Utilisez-vous éventuellement d'autres outils consommateurs de carburant ?

- Motoculteur
- Tracteur
- Débroussailleuse

● Autre :

.....

H.5.3) Pour quelle(s) activités /surfaces sont utilisés ces outils ?

.....

H.5.4) Si oui, quel carburant est utilisé ?

- Essence
- Gasoil

H.6.1) Après la récolte laissez-vous les résidus de culture ? (A confronter avec les observations sur le terrain)

- Oui
- Non les résidus sont exportés

H.6.2) Si non, quelles cultures sont concernées ?

.....

H.7) Comment transportez-vous les produits de récolte ?

- Voiture/camion
- Scooter/moto

- A pieds
- Autre :

.....

Intrants

❖ Semences :

I.1.1) Achetez-vous des semences ou des plants que vous cultivez ?

- Non
- Oui

I.1.2) Si oui, quelle(s) culture(s) sont concernée(s) ?

.....

I.1.3) Combien de semences ou de plants avez-vous acheté pour chacune des cultures?

.....

I.1.4) A quel(s) prix ?

.....

❖ Fertilisants :

I.1.1) Utilisez-vous ces types de fertilisants ?

- Oui
- Non

I.1.2) Si oui, quoi ?

- Lisier

Culture(s) :

.....

Quantité :

.....

- Fumier de bovin :

Culture(s) :

.....

Quantité :

.....
.....

- Fientes de volaille :

Culture(s) :

.....
.....
.....

Quantité :

.....
.....

I.3.1) Achetez-vous des fertilisants dans le commerce ?

- Oui
- Non

I.3.2) Si oui, de quoi s'agit-il ?

- Megagreen (amendement calcique)
- Fertiactyl (engrais foliaire)
- Maxifruits (engrais foliaire)
- Bouturage Osiryl Solabiol (stimulateur de croissance)
- NPK 10-12-24
- NPK 14-8-20
- Autre :

.....
.....
.....

I.3.4.) Si vous achetez des fertilisants, à quel prix ?

.....
.....

I.3.5) Sur quelles cultures ?

.....
.....

I.3.6) Quantité ?

.....
.....

I.3.7) Quand fertilisez-vous ?

.....
.....
.....

❖ Phytosanitaires :

I.4.1) Utilisez-vous des pesticides ?

- Non
- Oui

I.4.2) Si oui, quel produit ?

- Ortiva (fongicide très fréquent)
- Teppeki (insecticide)
- Decis (insecticide)
- Karate zeon et karate K (insecticide)
- Pirimor (insecticide)
- Steward (insecticide)
- Syneïs Appât (insecticide biologique)
- Dipel (insecticide biologique)
- Essen'ciel (Prev-Am Plus, utilisable en bio)
- Flocter (nématocide, utilisable en bio)
- Bicarbonate de soude (utilisable en bio)
- Métarex (anti-limace)
- Bouillie bordelaise Macc40 (fongicide utilisable en bio)
- Success 4 (biocontrôle à spectre large utilisable en bio)
- Souffre Kumulus DF (fongicide utilisable en bio)
- SLUXX HP (molluscicide utilisable en bio)
- Anti-puceron
- Anti-limace et anti-escargot solabiol
- Maladies polyvalent TEXIO WP (nom homologué)
- Désherbant polyvalent HERBICIDE CLEAN (nom homologué)
- Phosphate diammonique
- Dithane neotec, manco, farmerzeb (fongicide à large spectre à base de Mancozeb)
- Suprem (insecticide)
- Vertimec (insecticide)
- Mancowan (fongicide de contact non homologué)
- Dudu acelamectine, abamectide et acetamiprid (insecticide)
- Piège contre les mouches du fruit (à base de malathion)
- Autre :

.....
.....
.....

I.4.4) Sur quelle(s) culture(s) ?

.....
.....

I.4.5) Qu'utilisez-vous pour mesurer les doses ?

.....
.....
.....

I.4.6) Quelle quantité appliquez-vous ?

.....
.....
.....

I.4.7) Quel matériel utilisez-vous pour appliquer les pesticides ?

.....
.....
.....

Savoir-faire

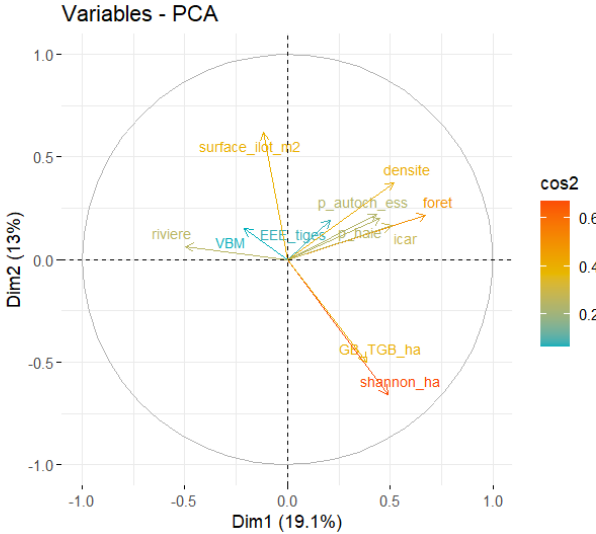
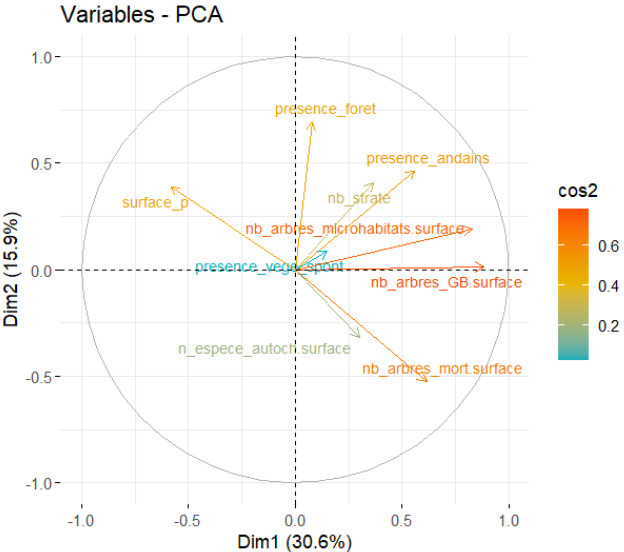
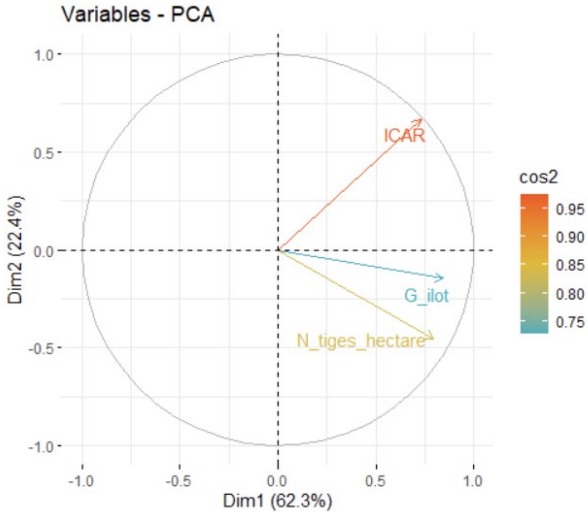
J.1.1) Avez-vous déjà suivi une ou des formations agricoles ?

- Non
- Oui

J.1.2.) Sur quel(s) thème(s) ?

.....
.....
.....

ANNEXE 6 : Cercles de corrélation des ACP



ANNEXE 7 : Test de corrélation

Hypothèse	Test utilisé	p_value
Le taux de biodiversité est lié au milieu	ANOVA	0,65
La richesse spécifique est lié au type de SAF	Kruskal-Wallis	0,06
La richesse spécifique est lié à la densité de tiges	Spearman	0,85
Le nombre de gros et très gros arbres est lié à la densité de tiges	Spearman	0,13
Le score de biodiversité est lié à la densité de tiges	Spearman	0,45
Le pourcentage d'essences indigènes est lié à la densité de tiges	Spearman	0,1
Le volume de bois mort est lié au type de SAF	Kruskal-Wallis	1,00
Le score de biodiversité est lié au type de SAF	ANOVA	0,62

```

mod11=lm(score~milieu,data=ibp_parcelle_surfaces)
shapiro.test(mod11$residuals)
bartlett.test(score~milieu,data=ibp_parcelle_surfaces)
anova(mod11)
summary(mod11)
par(mfrow=c(2,2))
plot(mod11)
Call:
lm(formula = score ~ milieu, data = ibp_parcelle_surfaces)
Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-6.917 -2.917 -0.700 2.300 12.083
Coefficients:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 14.7000 1.4633 10.046 1.93e-10 ***
milieumesophile -0.7833 1.9813 -0.395 0.696
milieuxerophile -2.1286 2.2804 -0.933 0.359
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 4.627 on 26 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.03253, Adjusted R-squared: -0.04189
F-statistic: 0.4371 on 2 and 26 DF, p-value: 0.6506
mod8=lm(rs_spont_1000m2~type,data=ibp_ilot_surfaces)
shapiro.test(mod8$residuals)
kruskal.test(rs_spont_1000m2~type,data=ibp_ilot_surfaces)
Kruskal-wallis rank sum test
data: rs_spont_1000m2 by type
Kruskal-wallis chi-squared = 8.979, df =
4, p-value = 0.06163
cor.test(ibp_ilot_surfaces$rs_spont_1000m2,ibp_ilot_surfaces$densite,
method = "spearman") 77

```

```

Spearman's rank correlation rho
data: ibp_ilot_surfaces$rs_spont_1000m2 and ibp_ilot_surfaces$densite
S = 642270, p-value = 0.8515
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
-0.01510916
cor.test(ibp_ilot_surfaces$GB_TGB_ha,ibp_ilot_surfaces$densite,method="spearman")
shapiro.test(GB_TGB_ha)
Spearman's rank correlation rho
data: ibp_ilot_surfaces$GB_TGB_ha and ibp_ilot_surfaces$densite
S = 557288, p-value = 0.1383
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.1192044
cor.test(ibp_ilot_surfaces$p_autoch_ess,ibp_ilot_surfaces$densite, method =
"spearman")
Spearman's rank correlation rho
data: ibp_ilot_surfaces$p_autoch_ess and ibp_ilot_surfaces$densite
S = 548521, p-value = 0.09774
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.1330605
cor.test(ibp_ilot_surfaces$densite,ibp_ilot_surfaces$score_surfaces,
method="spearman")
Spearman's rank correlation rho
data: ibp_ilot_surfaces$densite and ibp_ilot_surfaces$score_surfaces
S = 594205, p-value = 0.4504
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.06085758
mod2=lm(VBM~type,data=ibp_ilot_surfaces)
anova(mod2)
shapiro.test(mod2$residuals)
bartlett.test(VBM~type,data=ibp_ilot_surfaces)
summary(mod2)
kruskal.test(VBM ~ type, data = ibp_ilot_surfaces)
Kruskal-wallis rank sum test
data: VBM by type
Kruskal-wallis chi-squared = 0.11739, df
= 4, p-value = 0.9983
mod1=lm(score_surfaces~type,data=ibp_ilot_surfaces)
summary(mod1)
shapiro.test(mod1$residuals) 78

```

```

bartlett.test(score_surfaces~type,data=ibp_ilot_surfaces)
anova(mod1)
par(mfrow=c(2,2))
plot(mod1)
summary(mod1)
Call:
lm(formula = score_surfaces ~ type, data = ibp_ilot_surfaces)
Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-6.917 -2.027 -0.027  1.618 14.973
Coefficients:
Estimate Std. Error t value
(Intercept)  8.52941  0.78456 10.872
type1  0.38725  0.91298  0.424
type2  0.49762  0.87002  0.572
type2.2 -0.02941  1.38692 -0.021
type3  2.02614  1.33349  1.519
Pr(>|t|)
(Intercept) <2e-16 ***
type1 0.672
type2 0.568
type2.2 0.983
type3 0.131
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 3.235 on 151 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.01737, Adjusted R-squared: -0.008661
F-statistic: 0.6673 on 4 and 151 DF, p-value: 0.6157

```

ANNEXE 8 : Index des noms latins (liste des essences OFDM et noms vernaculaires connus)

Non latin	Mahorais/Malagache/Français	Non latin	Mahorais/Malagache/Français
<i>Acacia mangium</i>	//Acacia	<i>Macphersonia gracilis</i>	Mtsoussou, Mri ampoutoutrou, Mschike/Maro ampotatro, Maro fototsi/
<i>Adansonia digitata</i>	Mbuyu /Boyo/Baobab d'Afrique	<i>Malleastrum depauperatum</i>	Nia trarou m'titi/Teio ravi Kely/
<i>Adansonia madagascariensis</i>	Mbuyu/Boyo/Baobab de Madagascar	<i>Mangifera indica</i>	Mmanga /Manga/Manguier
<i>Adenanthera pavonina</i>	Mselani/Kintsas kintsas/Bois de condori	<i>Mimusops comorensis (Natte blanc et rouge)</i>	M'vuhu/Nanto/Nate
<i>Albizia glaberrima</i>	Mgiantze/Sari bonara/Faux bois noir	<i>Nesogordonia suzannae</i>	/Mena be/Bois rouge
<i>Albizia lebeck</i>	Bunwara/Bonara/Bois noir	<i>Noronhia cochleata</i>	Mchelele, Sari mchelele moudou/Sari tsilehty, Antsaniri mainty kely, Tsilehty be, Antsaniri malandy be/
<i>Alangium salviifolium</i>	Meligi/Mlijili/	<i>Nuxia pseudodentata</i>	Mwaha ndziche/Mwaha vavy/
<i>Anacardium occidentale</i>	Mbibo/Mabibo, Zabibo/Anacardier	<i>Ochna ciliata</i>	Koundrakoundra/Sampanga voa/
<i>Anthostemma madagascariense</i>	Marouditi/Tsimati maota malandy/	<i>Ocotea comoriensis</i>	Hasounouka Mtsindzaco/Be mangtri, Be mangtri mainti/Ocotile des Comores
<i>Aphloia theiformis</i>	Mfandrabo/Kirandra vavy/Change écorce	<i>Olax mayottensis</i>	/Sari vavalouza malandy/
<i>Apodytes dimidiata</i>	Baco mdzuani/Baco mdzuani mena/Bois de rivière	<i>Olea capensis</i>	/Antsaniri malandi be, Antsaniri malandi keli/Olivier du Cap
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Mfenesi/Fenesi/Jacquier	<i>Ouratea humblotii</i>	Mri kondro/Mri mena vavy/
<i>Avicennia marina</i>	Msiri/Ali Ali/Palétuvier blanc	<i>Pemphis acidula</i>	/Sari mahimbo massadats/
<i>Barringtonia asiatica</i>	Barabai mkoundrou, Mjividza/Barabai mena/Badamier de l'Inde	<i>Phoenix reclinata</i>	Mihala/Mrandra/Phénix, Dattier du Sénégal
<i>Borassus aethiopicum</i>	/Dimaka, Satrana be/	<i>Phyllarthron comorensis</i>	Shivoundze/Tahila/Phyllarthron des Comores
<i>Brexiia madagascariensis</i>	Mladrema, Moujividza/Mladrema, Ahirava/Brexia de Madagascar	<i>Polyscias mayottensis</i>	Sari papaya ndziche/Sari papaya vavy/Faux papayer
<i>Broussonetia greveana</i>	Msililari/Mahondro lahy/Palissandre blanc	<i>Poupartia gummiifera</i>	Tukudrunyu /Sari sakoa/
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	M'honko Ndziche/Honko vavy/	<i>Pterocarpus indicus</i>	Msandragon/Sandragon/Sandragon
<i>Buxus madagascariensis</i>	/Loangati lahy malandy/	<i>pyrostria anjouanensis</i>	Mkarari, Mogné sadza/Pigrin zaza, Ampidi vavi/
<i>Calophyllum inophyllum</i>	Mtandro/Mtandro/Tacamaca	<i>Rapanea comorensis</i>	//
<i>Carpodiptera africana</i>	Mouhouve, Sari mouhouve, Mgoa/Sari mohove, Laza laza/	<i>Raphia farinifera</i>	Mbija/Mavangati/Raphia
<i>Cassipourea ovata</i>	/Boaro ravi, Hompi Malandy/	<i>Ravensara areolata</i>	Fapevo/Maroudi malandy/
<i>Ceriops tagal</i>	M'honko Ndrume/Honko lahy/	<i>Rheedia anjouanensis</i>	Mtandro dzia dzindzaco/Tsimaty maota tam tam/
<i>Chrysophyllum boivinianum</i>	Famelou/Famelou/	<i>Rhizophora mucronata</i>	M'honko Bole/Honko ampira/
<i>Commiphora arafy</i>	Mouri obani/Matiambelo/	<i>Scolopia coriacea</i>	Mreguetreani/Sari mdarasini/Faux canneller
<i>Comoranthus obconicus</i>	/vavaloza/	<i>Scolopia maoulidae</i>	/Tsatsiki simbitri/
<i>Cordia subcordata</i>	/Boaro lahy/Gommier	<i>Sonneratia alba</i>	M'honko dziwi/Honko be/
<i>Cremspora triflora</i>	Mwamba, Mogné sadza/Kibitsko vavy/	<i>Soreindeia madagascariensis</i>	M'tsidii/Hazo malo mena/Faux manguier
<i>Cussonia spicata</i>	Sari mpapaya ndrume/Sari papaya lahy/	<i>Sterculia foetida</i>	Mri madzi /Kakazou tel/Bois caca
<i>Cymometra floretii</i>	/Sari soaravou/	<i>Sterculia madagascariensis</i>	Myambangou//
<i>Dicoryphe platyphylla</i>	Mri trele/Ampiady lahy mainty be/	<i>Strychnos spinosa</i>	Mroungoua/Mokotra, Borvithy/
<i>Diospyros comorensis</i>	Mouhongojo wa djini/Tamotamo hazo, Ampigou kely/Ebène des Comores	<i>Strychnos mitis</i>	Gnatsadza n'droumé/Ampiady lahy/
<i>Diospyros natalensis</i>	Mri mudu/Mri modo malandy/	<i>Swietenia macrophylla</i>	//Acajou
<i>Erythrina fusca</i>	/Mwinga vavy/	<i>Syzygium cordatum</i>	/Soaravo lahy, Soaravo malandy/
<i>Erythrina madagascariensis</i>	/Mwinga lahy/Erythrine de Madagascar	<i>Syzygium guineense</i>	Mzambarazou//
<i>Erythroxyllum elegans</i>	/Loangaty lahy malandy, sari vavaloza mena kely/	<i>Tabernaemontana coffeoides</i>	Mri matra ndjeou/Kakazo lalampo/Bois Cueiller
<i>Erythroxyllum corymbosum</i>	Mkaribou ndrume/Loangaty mena lahy/	<i>Tamarindus indica</i>	Muhaju urehagini, Muhaju wa malavuni /Madro kakazo/Tamarinier des Indes
<i>Erythroxyllum lanceum</i>	/Loangaty mena vavy/	<i>Tambourissa leptophylla</i>	Mjaru (Milibio ngoma)/Ambora, Kodjo na ankomba/
<i>Erythroxyllum platycladum</i>	Mhonko wa malavouni, Mhonko wa votsi/Taplaka, Sari honkou kely, Honko angala/	<i>Tectona grandis</i>	Tek/Teki/Teck
<i>Eucalyptus citriodora</i>	/kinini/Eucalyptus citronelle	<i>Terminalia catappa</i>	Myamba/Antafa/Badamier
<i>Ficus sycomorus</i>	Muhu mambe/Adabo/Figuier de Sycamore	<i>Terminalia superba</i>	//Fraké
<i>Filicium decipiens</i>	Maroudy/Marody mena/	<i>Terminalia ulxoides</i>	/Loangati tamotamo/
<i>Grewia glandulosa</i>	Kwendze zapaha/Sari Chiratra, Missel/	<i>Thespesia populnea</i>	/Boaro vavy/Porché
<i>Grisolia myriantha</i>	Barabai ngeou/Barabai malandy/	<i>Thespesia populneoides</i>	Haro ndrume /Boaro lahy mavo/Porché
<i>Heritiera littoralis</i>	//	<i>Trema orientalis</i>	Ambesi /Ambesi /Andrète
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	/Boaro vavy Tamotamo/Ketmie à feuilles de tilleul	<i>Trophis montana</i>	Dzilengwizi/Voamamy, Hazo mamy/
<i>Hyphaene coriacea</i>	Mkoma miti/Satrana kely/	<i>Turraea virens</i>	Mdrume mku, Muhono mule /Sari mwandziwa /
<i>Labraria mayottensis</i>	Mtrondro dzia/Be diti/	<i>Woodfortia fructifera</i>	Mlazi//
<i>Litsea glutinosa</i>	Mzavokamaro/Zavokamaro/Avocat marron	<i>Ximenesia caffra</i>	/Sari mkotra/
<i>Lumnitzera racemosa</i>	/Honko tokana/	<i>Xylocarpus granatum</i>	Mgodzo mbole//Manglier pomme
<i>Macaranga boutonoides</i>	Mrata, M'kagnani/Macarangana/	<i>Xylocarpus moluccensis</i>	Mgodzo miti/Voa ni kabodzi ni antalaotsi kely/Manglier patience

ANNEXE 9 : Liste du classement des essences arborées forestières utilisé pour la typologie

<i>esp_sc</i>	<i>esp_fr</i>	Classement OFDM	Classement utilisé pour la typologie
<i>Acacia mangium</i>	acacia	oui	forestier
<i>Adansonia digitata</i>	baobab	oui	forestier
<i>Alangium salviifolium</i>	alangion à feuilles de sauge	oui	forestier
<i>Albizia glaberrima</i>	seswet	oui	forestier
<i>Albizia lebbek</i>	bois noir	oui	forestier
<i>Albizia saman</i>	arbre à pluie	non	non forestier
<i>Annona muricata</i>	corossolier	non	non forestier
<i>Annona senegalensis</i>	annone du Sénégal	non	non forestier
<i>Annona squamosa</i>	pomme canelle	non	non forestier
<i>Areca catechu</i>	aréquier	non	non forestier
<i>Artocarpus altilis</i>	arbre à pain	non	non forestier
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	jacquier	oui	forestier
<i>Averrhoa bilimbi</i>	bilimbi	non	non forestier
<i>Averrhoa carambola</i>	carambole	non	non forestier
<i>Bambusa vulgaris</i>	bambou	non	forestier
<i>Barringtonia asiatica</i>	bonnet d'évêque	oui	forestier
<i>Barringtonia racemosa</i>	barringtonia	non	forestier
<i>Breynia disticha</i>	breynie distique	non	forestier
<i>Broussonetia greveana</i>	palissandre blanc	oui	forestier
<i>Calophyllum inophyllum</i>	takamaka	oui	forestier
<i>Canaga odorata</i>	ylang ylang	non	non forestier
<i>Carica papaya</i>	papayer	non	non forestier
<i>Castilla elastica</i>	arbre à caoutchouc	non	forestier
<i>Ceiba pentandra</i>	kapokier	non	forestier
<i>Cinnamomum verum</i>	cannelier	non	non forestier
<i>Citrus hystrix</i>	combava	non	non forestier
<i>Citrus reticulata</i>	mandarinier	non	non forestier
<i>Citrus sinensis</i>	oranger	non	non forestier
<i>Citrus sp</i>	citron à parfum	non	non forestier
<i>Cocos nucifera</i>	cocotier	non	non forestier
<i>Eucalyptus robusta</i>	eucalyptus des marais	non	forestier

<i>Ficus lutea</i>	figuier jaune	non	forestier
<i>Ficus sycomorus</i>	figuier sycomore	oui	forestier
<i>Lawsonia inermis</i>	henné	non	non forestier
<i>Leucaena leucocephala</i>	faux mimosa	non	forestier
<i>Litchi sinensis</i>	litchi	non	non forestier
<i>Mangifera indica</i>	manguier	oui	forestier
<i>Mimusops comorensis</i>	mimusops	oui	forestier
<i>Moringa oleifera</i>	moringa	non	non forestier
<i>Persea americana</i>	avocatier	non	non forestier
<i>Phoenix reclinata</i>	dattier du Sénégal	oui	forestier
<i>Phyllarthron comorense</i>	tahila	oui	forestier
<i>Plumeria rubra</i>	frangipanier	non	forestier
<i>Psidium guajava</i>	goyavier	non	non forestier
<i>Pterocarpus indicus</i>	sandragon	non	forestier
<i>Raphia farinifera</i>	raphia	oui	forestier
<i>Spathodea campanulata</i>	tulipier du gabon	non	forestier
<i>Spondias dulcis</i>	prunier cythère	non	non forestier
<i>Syzygium aromaticum</i>	giroflie	non	non forestier
<i>Syzygium jambos</i>	jambosier	non	non forestier
<i>Tabernaemontana coffeoides</i>	fleurs d'amour	oui	forestier
<i>Tamarindus indica</i>	tamarinier	oui	forestier
<i>Terminalia catappa</i>	badamier	oui	forestier
<i>Theobroma cacao</i>	cacaoyer	non	non forestier
<i>Vangueria madagascariensis</i>	Vavangue	non	forestier

ANNEXE 10 : Scorage utilisé pour le calcul de l'IBP à l'échelle de la parcelle

A – Essences autochtones	Compter les essences autochtones	AUT = 0 → score = 0 0 < AUT ≤ 5 → score = 1 5 < AUT ≤ 10 → score = 3 10 < AUT → score = 5
B – Type zone humide	Compter milieux aquatiques, situés à l'intérieur ou en bordure du SAF décrit	Présence → score = 2 Absence → score = 0
D – Présence forêt	La présence d'une forêt dense (formation forestière avec une canopée dense et jointive composée majoritairement d'espèces forestières)	Présence → score = 2 Absence → score = 0
F – Présence de blocs	La présence de blocs rocheux est relevé de façon binaire : présence de blocs de plus de 1m de diamètre en partie émergé	Présence → score = 2 Absence → score = 0
G – Présence de haies	La présence d'une haie dense de type arbustive haute, arborée ou multi-stratifiée est relevée sur plus de 50% du linéaire entourant la parcelle également de façon binaire	Présence → score = 2 Absence → score = 0
H – Nombre de strates	Le nombre de strates présentes (herbacée, arbustive (inférieur à 7m), arborée basse (inférieure à 20m) et arboré haute)	Nb_strate = 1 → score = 0 Nb_strate = 2 → score = 1 Nb_strate = 3 → score = 2 Nb_strate = 4 → score = 2
I – Nombre d'arbres morts	Le nombre d'arbres morts sur pied (on ne compte plus à partir de 5) : on le définit comme l'ensemble des arbres morts, quelle que soit l'essence, d'une hauteur supérieure à 1m30, et d'un diamètre supérieur à 7,5 cm	Nb_morts = 0 → score = 0 0 < Nb_morts ≤ 5 → score = 1 5 < Nb_morts ≤ 10 → score = 3 10 < Nb_morts → score = 5
J – Nombre de gros bois	Le nombre d'arbres de gros diamètre (GB et TGB cf table des classes de diamètre) : soit le nombre d'arbres d'un diamètre supérieur à 47,5 cm (on ne compte plus à partir de 5)	Nb_GB = 0 → score = 0 0 < Nb_GB ≤ 5 → score = 1 5 < Nb_GB ≤ 10 → score = 3 10 < Nb_GB → score = 5
K - Andains	La présence d'andains, définit comme la présence de résidu de culture entassé au sol entre les cultures, pouvant former une barrière anti érosive et connu pour être des abris appréciés par de nombreuses espèces patrimoniales.	Présence → score = 2 Absence → score = 0
M – Présence et type de végétation spontanée	On relève à la fois si elle existe ou non et si elle existe on évalue le type de végétation (EE : majoritairement exotique envahissante, NEE : non exotique envahissante, MIXTE : exotique envahissante et non exotique envahissante) La présence de végétation spontanée (absence de désherbage au niveau des inter-rangs).	Pas de végé = 0 → score = 0 Végé mais EEE → score = 1 Végé mixte → score = 2 Végé pas EEE → score = 5
N – Utilisation de phytosanitaires	L'utilisation de produits phytosanitaires est également étudiée, la donnée sera récoltée via l'enquête se déroulant auprès de l'agriculteur. La donnée sera binaire 0 pour pas d'utilisation 1 pour utilisation	Présence → score = -1 Absence → score = 2
O - Microhabitats	Évaluation du nombre d'arbres porteurs de micro-habitats en recensant 5 arbres maximum. Les micro-habitats sont constitués par :	Nb_arbremicro = 0 → score = 0 0 < Nb_arbremicro ≤ 5 → score = 1

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Les branches mortes (diamètre supérieur à la catégorie PB : 17,5cm) ○ Les épiphytes ○ Une cavité (diamètre de la cavité supérieur à 10 cm) ○ Les trognes : renflement au sommet des troncs d'arbres causé par la taille successive : avec un diamètre supérieur à 27,5cm ○ Des contreforts formant une cavité à terreau de plus de 10 cm de diamètre ○ Les champignons : polypore pérenne de plus de 10 cm de diamètre <p>Les fente à l'insertion de fourche : longueur de plus de 30 cm</p>	<p>$5 < Nb_arbremicro \leq 10 \rightarrow$ score = 3</p> <p>$10 < Nb_arbremicro \rightarrow$ score = 5</p>
--	---	--

ANNEXE 11 : Scorage utilisé pour le calcul de l'IBP à l'échelle de l'îlot

Volume de bois mort (m3/ha) sur l'îlot	<ul style="list-style-type: none"> • $VBM = 0 \rightarrow \text{score} = 0$ • $0 < VBM \leq 20 \rightarrow \text{score} = 1$ • $20 < VBM < 50 \rightarrow \text{score} = 2$ • $VBM \geq 50 \rightarrow \text{score} = 3$
Indice de Shannon pour les espèces spontanées toute strate confondue sur l'îlot (ramenée à 5000 m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • $SH = 0 \rightarrow \text{score} = 0$ • $0 < SH \leq 5 \rightarrow \text{score} = 1$ • $5 < SH \leq 15 \rightarrow \text{score} = 2$ • $15 < SH \leq 25 \rightarrow \text{score} = 3$ • $SH > 25 \rightarrow \text{score} = 5$
Indice de richesse spécifique pour les espèces spontanées toute strate confondue sur l'îlot (ramenée à 1000m ²)	<ul style="list-style-type: none"> • $RS = 0 \rightarrow \text{score} = 0$ • $0 < RS \leq 5 \rightarrow \text{score} = 1$ • $5 < RS \leq 15 \rightarrow \text{score} = 2$ • $15 < RS \leq 25 \rightarrow \text{score} = 3$ • $RS > 25 \rightarrow \text{score} = 5$
Pourcentage d'EEE en présence d'espèce sur l'îlot	<ul style="list-style-type: none"> • $\%EEE = 0 \rightarrow \text{score} = 3$ • $0 < \%EEE < 30 \rightarrow \text{score} = 2$ • $30 \leq \%EEE \leq 50 \rightarrow \text{score} = 1$ • $\%EEE > 50 \rightarrow \text{score} = 0$
Pourcentage d'EEE en nombre de tiges sur l'îlot	<ul style="list-style-type: none"> • $\%EEE_{\text{tiges}} = 0 \rightarrow \text{score} = 3$ • $0 < \%EEE_{\text{tiges}} < 30 \rightarrow \text{score} = 2$ • $30 \leq \%EEE_{\text{tiges}} \leq 50 \rightarrow \text{score} = 1$ • $\%EEE_{\text{tiges}} > 50 \rightarrow \text{score} = 0$
Présence d'une rivière à proximité de la parcelle	<ul style="list-style-type: none"> • $RIVIERE = 1 \rightarrow \text{score} = 2$ • $RIVIERE = 0 \rightarrow \text{score} = 0$
Présence d'une forêt en état à proximité de la parcelle	<ul style="list-style-type: none"> • $FORET = 1 \rightarrow \text{score} = 2$ • $FORET = 0 \rightarrow \text{score} = 0$
Nombre de gros bois ou très gros bois sur l'îlot (ramené à l'ha)	<ul style="list-style-type: none"> • $0 < GB < 5 \rightarrow \text{score} = 0$ • $5 \leq GB < 15 \rightarrow \text{score} = 1$ • $15 \leq GB \leq 25 \rightarrow \text{score} = 2$ • $GB > 25 \rightarrow \text{score} = 3$
Pourcentage d'espèces autochtones sur l'îlot	<ul style="list-style-type: none"> • $\%AUTOCH = 0 \rightarrow \text{score} = 0$ • $0 < \%AUTOCH < 30 \rightarrow \text{score} = 1$ • $30 \leq \%AUTOCH \leq 50 \rightarrow \text{score} = 2$; • $\%AUTOCH \geq 50 \rightarrow \text{score} = 3$
Pourcentage de haie sur l'îlot	<ul style="list-style-type: none"> • $\%_{\text{haie}} = 0 \rightarrow \text{score} = 0$ • $\%_{\text{haie}} = 1 \rightarrow \text{score} = 0$ • $\%_{\text{haie}} = 2 \rightarrow \text{score} = 1$
	<ul style="list-style-type: none"> • $\%_{\text{haie}} = 3 \rightarrow \text{score} = 3$ • $\%_{\text{haie}} = 4 \rightarrow \text{score} = 4$

ANNEXE 12 : Figures graphiques de l'analyse de durabilité des SAFs

Call:
FAMD(base = dura_parcelle_indiv, graph = TRUE)

Eigenvalues

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
Variance	5.028	2.942	2.734	2.628	2.119
% of var.	16.761	9.806	9.112	8.761	7.062
Cumulative % of var.	16.761	26.568	35.680	44.441	51.503

Individuals (the 10 first)

	Dist	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2	Dim.3	ctr	cos2
C.c.hygro	5.175	-2.985	6.564	0.333	1.103	1.533	0.045	1.085	1.594	0.044
C.c.meso1	5.327	-0.374	0.103	0.005	2.659	8.899	0.249	-1.836	4.568	0.119
C.c.meso2	6.579	-3.591	9.497	0.298	0.766	0.739	0.014	0.368	0.183	0.003
C.c.xero	4.766	0.881	0.572	0.034	2.416	7.347	0.257	-1.639	3.640	0.118
C.d.hygro1	3.535	-0.555	0.227	0.025	-0.824	0.855	0.054	-1.773	4.259	0.252
C.d.hygro2	4.316	-0.404	0.120	0.009	-0.085	0.009	0.000	1.283	2.231	0.088
C.m.meso	6.485	3.614	9.621	0.311	1.966	4.864	0.092	0.726	0.713	0.013
NE.c.meso	4.658	1.118	0.920	0.058	2.094	5.521	0.202	0.445	0.268	0.009
NE.d.hygro	5.655	2.922	6.287	0.267	2.338	6.883	0.171	-0.721	0.704	0.016
NE.m.meso1	6.034	3.423	8.632	0.322	-2.836	10.122	0.221	0.086	0.010	0.000

Continuous variables

	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2	Dim.3	ctr	cos2
fonction.sociale.arbre	0.430	3.674	0.185	-0.031	0.033	0.001	0.170	1.053	0.029
fonction.env.arbre	-0.485	4.675	0.235	-0.678	15.648	0.460	0.056	0.115	0.003
SAU	0.824	13.489	0.678	-0.050	0.085	0.002	0.155	0.882	0.024
ETP.fam.SAU	-0.495	4.864	0.245	0.000	0.000	0.000	-0.364	4.846	0.132
ETP.salarie.SAU	0.080	0.126	0.006	-0.055	0.104	0.003	0.727	19.360	0.529
charges.tot	0.572	6.504	0.327	-0.360	4.414	0.130	0.384	5.406	0.148
revenu.fi.tot	0.528	5.535	0.278	0.093	0.293	0.009	0.385	5.413	0.148
RA.SAU	-0.406	3.283	0.165	0.245	2.033	0.060	0.210	1.614	0.044
RS.cult.SAU	-0.512	5.206	0.262	0.157	0.837	0.025	-0.308	3.470	0.095
fonction.prod.arbre	0.261	1.358	0.068	0.733	18.286	0.538	-0.238	2.080	0.057

Categories (the 10 first)

	Dim.1	ctr	cos2	v.test	Dim.2	ctr	cos2	v.test	Dim.3	ctr	cos2
couv	0.568	0.756	0.234	1.558	-0.229	0.360	0.038	-0.822	-0.435	1.502	0.137

no.couv	-0.826	1.100	0.234	-1.558	0.334	0.524	0.038	0.822	0.633	2.184	0.137
autoconso	-2.209	7.148	0.804	-3.853	-0.205	0.180	0.007	-0.467	-0.259	0.333	0.011
autoconso_vente_forte_VA	1.609	1.517	0.210	1.526	-0.561	0.539	0.025	-0.696	1.229	2.995	0.122
autoconso_vente_faible_VA	0.326	0.109	0.016	0.438	1.821	9.929	0.507	3.202	0.195	0.133	0.006
investissement	2.614	3.002	0.423	2.101	0.436	0.244	0.012	0.458	-0.697	0.723	0.030
vente_faible_VA	1.843	1.493	0.180	1.482	-3.253	13.582	0.561	-3.419	-0.533	0.423	0.015
coupe	0.090	0.004	0.001	0.072	-1.442	2.668	0.174	-1.515	0.124	0.023	0.001
enrichissement	-1.286	1.212	0.175	-1.394	-0.268	0.153	0.008	-0.379	2.240	12.436	0.529
maintien	-1.398	0.858	0.128	-1.124	-0.585	0.439	0.022	-0.615	0.067	0.007	0.000
	v. test										
couv	-1.619										
no.couv	1.619										
autoconso	-0.613										
autoconso_vente_forte_VA	1.581										
autoconso_vente_faible_VA	0.357										
investissement	-0.760										
vente_faible_VA	-0.582										
coupe	0.135										
enrichissement	3.294										
maintien	0.074										

Figure 28 : Graphique des variables quantitatives de l'analyse de données mixtes à l'échelle de la parcelle et du graphique des corrélations

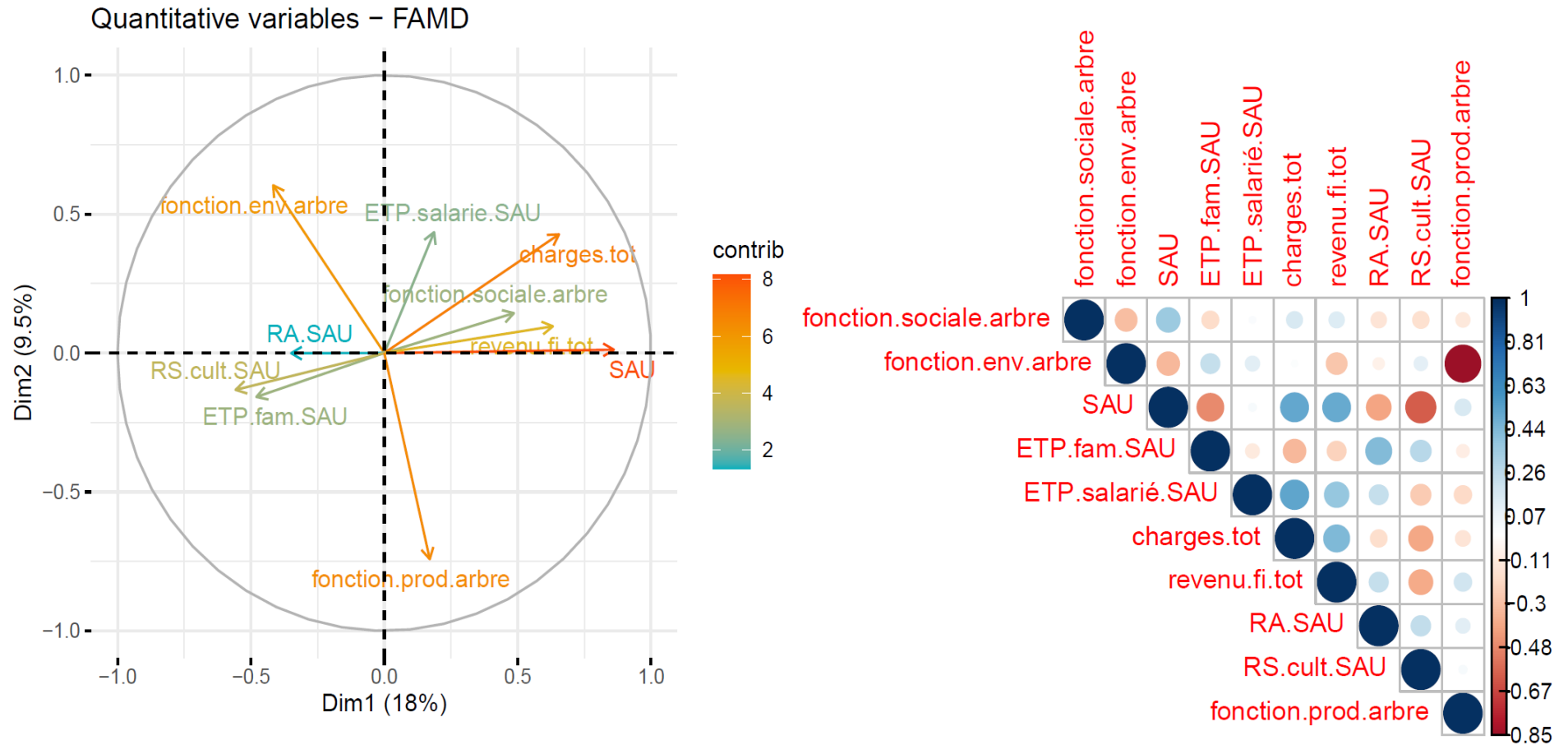


Figure 29 : Graphique des variables qualitatives de l'analyse de données mixtes à l'échelle de la parcelle

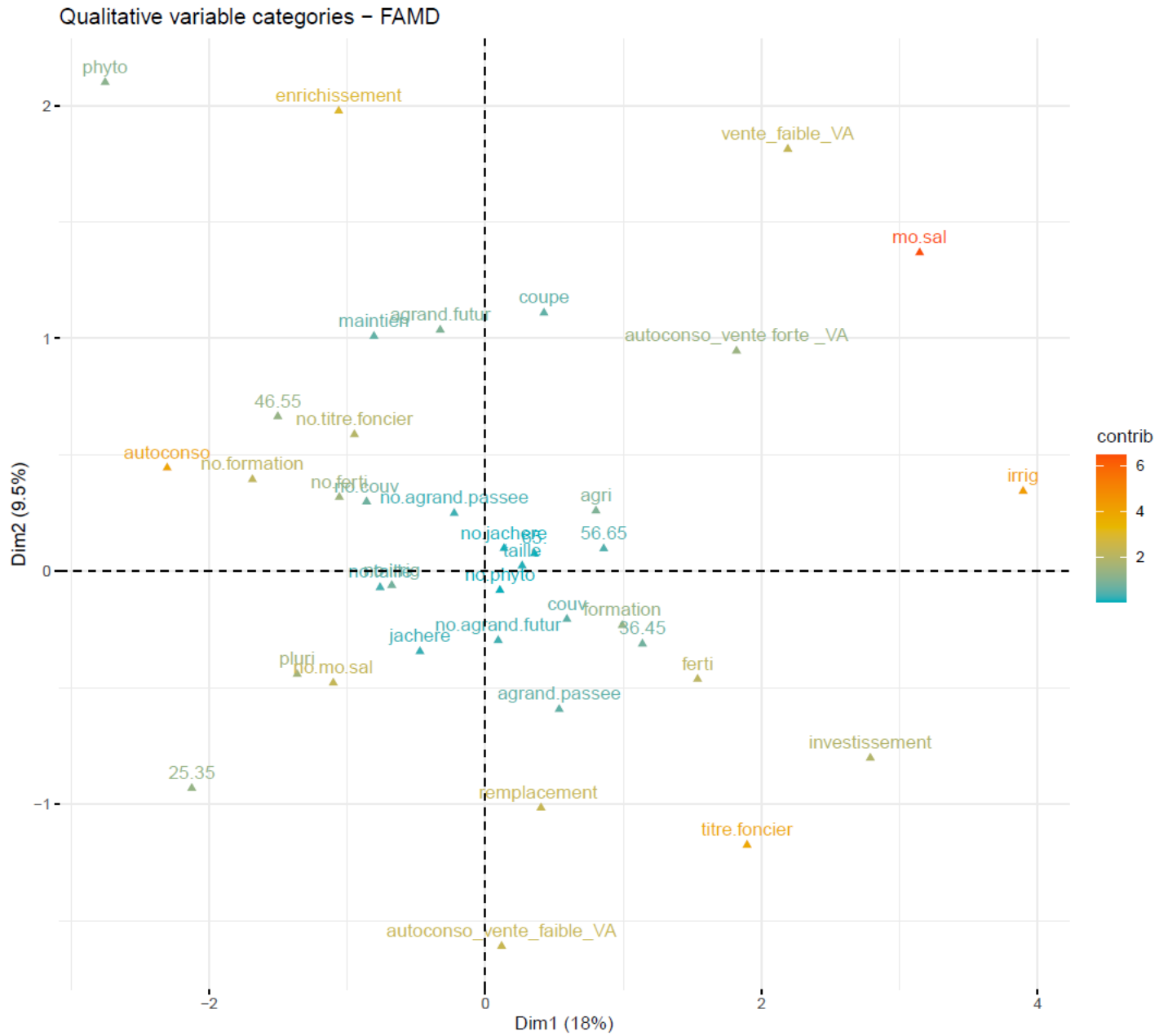
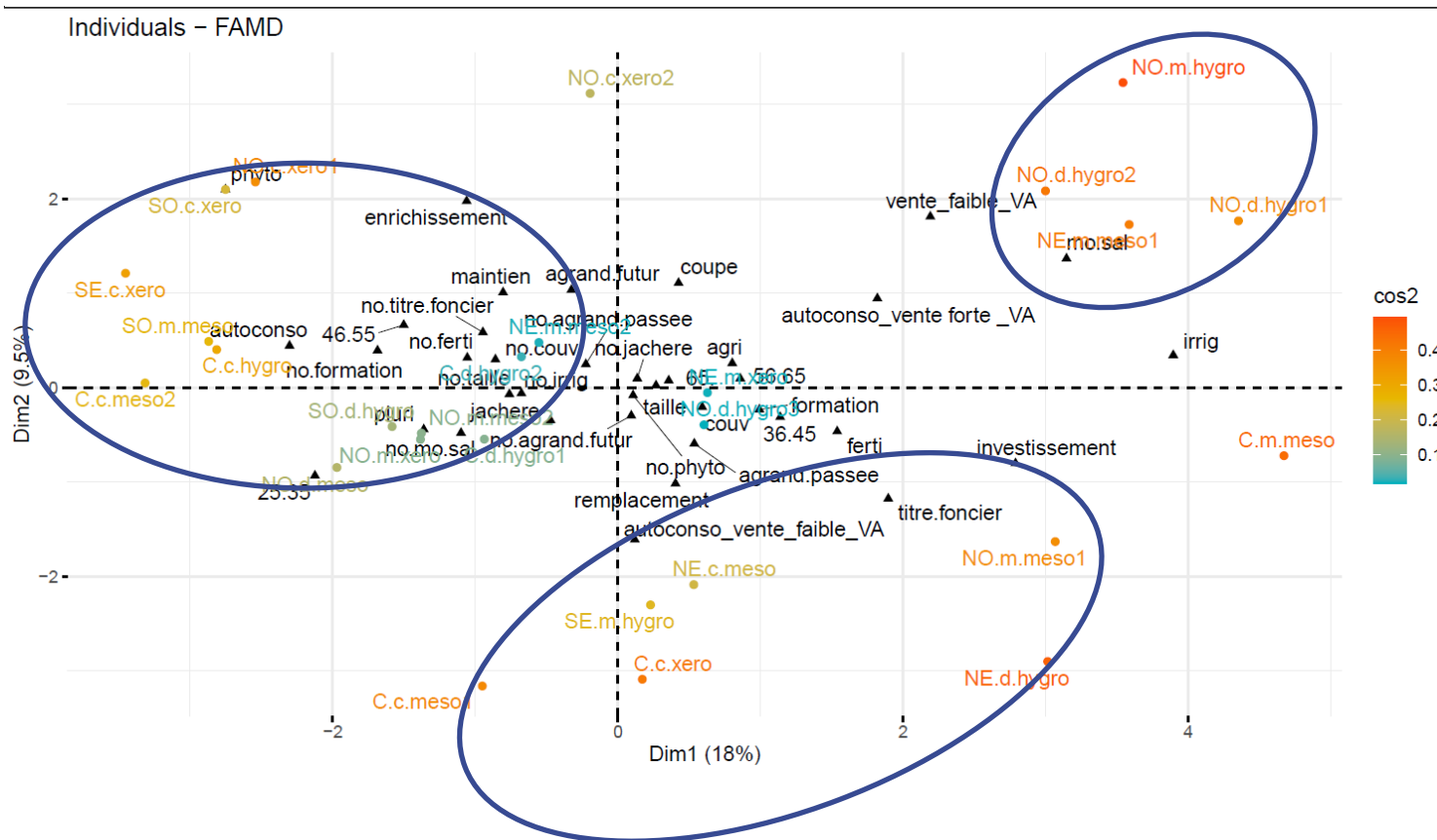


Figure 30 : Graphique des individus de l'analyse de données mixtes à l'échelle de la parcelle



ANNEXE 13 : Figures graphiques de l'analyse de durabilité des SAFs

Call:

FAMD(base = dura_exploit_indiv_coll, graph = TRUE)

Eigenvalues

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
Variance	3.994	2.764	2.704	2.418	2.117
% of var.	14.791	10.236	10.014	8.955	7.840
Cumulative % of var.	14.791	25.027	35.041	43.996	51.836

Individuals (the 10 first)

	Dist	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2	Dim.3	ctr	cos2
C.c.hygro	4.268	-3.247	9.105	0.579	0.122	0.019	0.001	-0.604	0.465	0.020
C.c.meso1	5.416	0.114	0.011	0.000	0.600	0.450	0.012	3.013	11.581	0.310
C.c.meso2	4.169	-2.382	4.898	0.326	0.240	0.072	0.003	-0.289	0.106	0.005
C.c.xero	8.131	4.296	15.937	0.279	1.733	3.745	0.045	-2.559	8.354	0.099
C.d.hygro1	4.085	-0.931	0.748	0.052	-1.717	3.678	0.177	-0.865	0.954	0.045
C.d.hygro2	5.281	0.598	0.309	0.013	2.920	10.640	0.306	1.431	2.613	0.073
C.m.meso	4.742	1.593	2.192	0.113	-0.090	0.010	0.000	0.726	0.672	0.023
NE.c.meso	7.427	1.720	2.555	0.054	3.734	17.397	0.253	3.943	19.830	0.282
NE.d.hygro	4.380	2.016	3.508	0.212	-1.183	1.745	0.073	1.398	2.492	0.102
NE.d.meso	6.195	0.737	0.469	0.014	-0.732	0.669	0.014	0.028	0.001	0.000

Continuous variables

	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2	Dim.3	ctr	cos2
SAU	0.317	2.523	0.101	-0.012	0.005	0.000	-0.007	0.002	0.000
epargne_animale	0.521	6.792	0.271	0.223	1.806	0.050	-0.222	1.829	0.049
nb_parcelle	-0.233	1.354	0.054	0.202	1.469	0.041	0.350	4.533	0.123

Categories (the 10 first)

	Dim.1	ctr	cos2	v.test	Dim.2	ctr	cos2	v.test	Dim.3	ctr	cos2	v.test
agri	0.477	0.936	0.207	1.742	-0.557	2.661	0.282	-2.444	-0.418	1.563	0.158	-1.852
pluriactif	-0.907	1.778	0.207	-1.742	1.058	5.056	0.282	2.444	0.793	2.969	0.158	1.852
25-35	-1.202	0.937	0.101	-1.081	0.341	0.157	0.008	0.368	1.874	4.971	0.245	2.049
36-45	0.903	1.234	0.135	1.349	1.086	3.723	0.195	1.949	-1.266	5.294	0.266	-2.299
46-55	-1.299	2.191	0.226	-1.757	1.486	5.984	0.296	2.416	0.832	1.961	0.093	1.368
56-65	1.090	1.798	0.173	1.628	-2.004	12.694	0.585	-3.599	0.541	0.967	0.043	0.983
Plus de 65	-0.425	0.234	0.027	-0.575	-0.585	0.926	0.050	-0.951	-0.924	2.415	0.126	-1.518
contraintes_str	0.867	3.090	0.633	3.165	-0.088	0.067	0.007	-0.388	0.135	0.164	0.015	0.601
no_contraintes_str	-1.648	5.871	0.633	-3.165	0.168	0.127	0.007	0.388	-0.257	0.312	0.015	-0.601
formation	1.304	6.253	0.809	4.111	0.034	0.009	0.001	0.130	-0.017	0.002	0.000	-0.065

Figure 31 : Graphique des variables quantitatives de l'analyse de données mixtes à l'échelle de l'exploitation

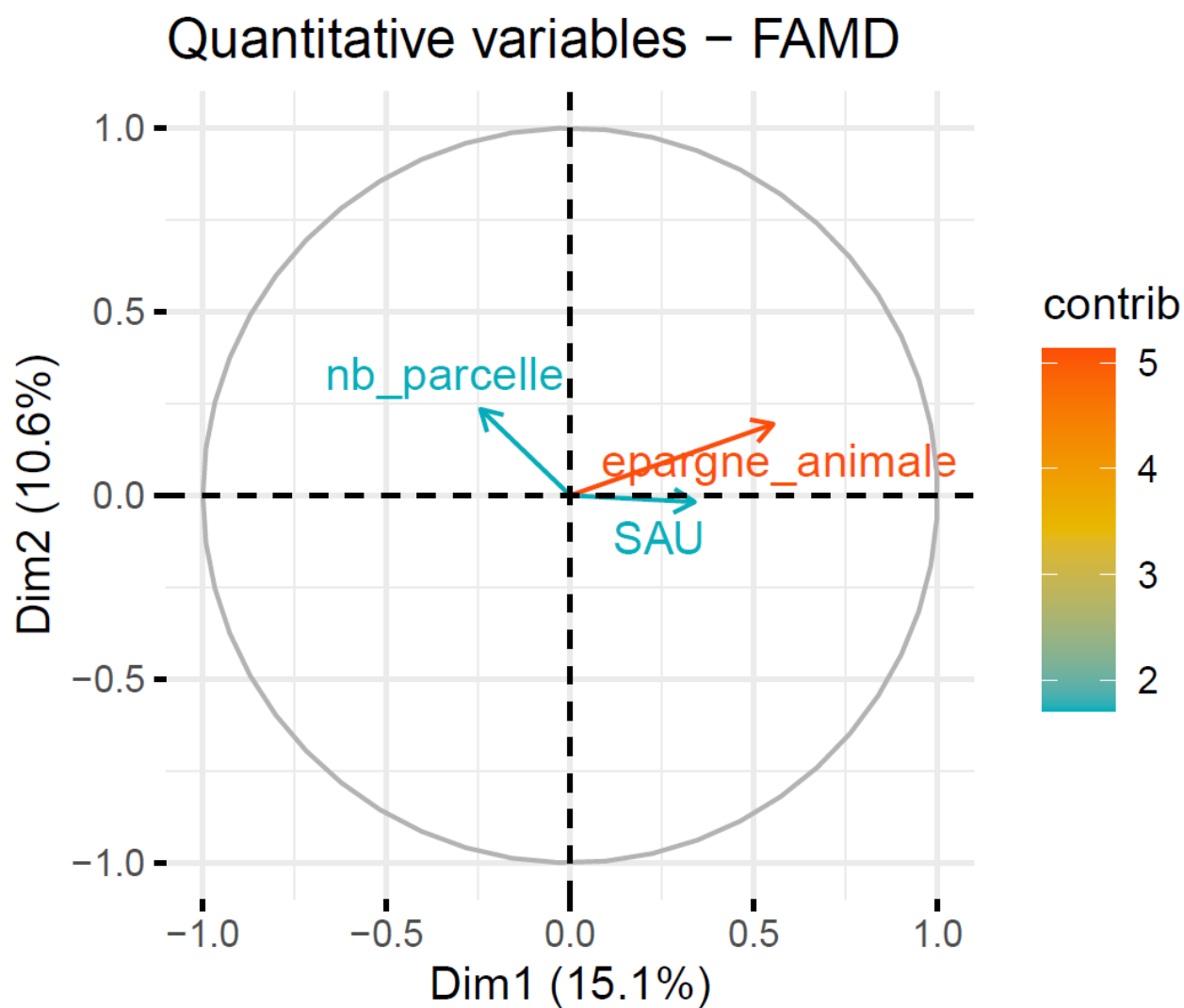
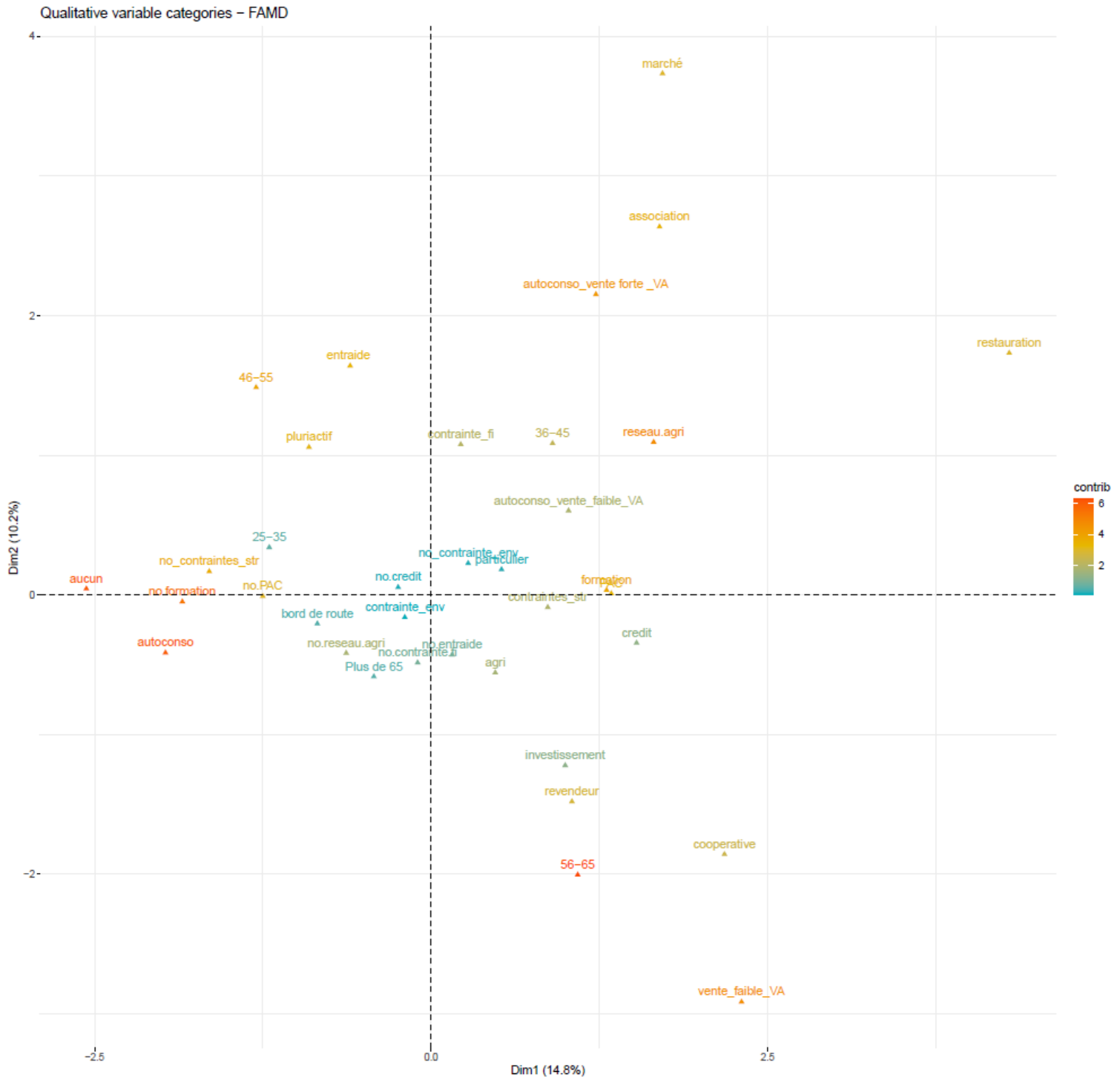


Figure 32 : Graphique des variables qualitatives de l'analyse de données mixtes à l'échelle de l'exploitation



ANNEXE 14 : Quantification de la liaison entre le type d'agroforesterie à l'échelle parcelle et les pratiques agricoles réalisées

Jachère

> `twoby2(1-pratique$type1,1-pratique$jachere)`
2 by 2 table analysis:

Outcome : 0
Comparing : 0 vs. 1

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	1	7	0.1250	0.0173 0.5373
1	5	14	0.2632	0.1140 0.4979

	95% conf. interval
Relative Risk:	0.4750 0.0655 3.4464
Sample Odds Ratio:	0.4000 0.0389 4.1147
Conditional MLE Odds Ratio:	0.4122 0.0074 4.8567
Probability difference:	-0.1382 -0.3852 0.2369

Exact P-value: 0.6334
Asymptotic P-value: 0.4410

`twoby2(1-pratique$type2,1-pratique$jachere)`
2 by 2 table analysis:

Outcome : 0
Comparing : 0 vs. 1

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	5	14	0.2632	0.1140 0.4979
1	1	7	0.1250	0.0173 0.5373

	95% conf. interval
Relative Risk:	2.1053 0.2902 15.2748
Sample Odds Ratio:	2.5000 0.2430 25.7170
Conditional MLE Odds Ratio:	2.4259 0.2059 134.7741
Probability difference:	0.1382 -0.2369 0.3852

Exact P-value: 0.6334

Asymptotic P-value: 0.4410

Irrigation

> twoby2(1-pratique\$type1,1-pratique\$irrigation)
2 by 2 table analysis:

Outcome : 0
Comparing : 0 vs. 1

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	1	7	0.1250	0.0173 0.5373
1	3	16	0.1579	0.0518 0.3915

	95% conf. interval
Relative Risk:	0.7917 0.0963 6.5105
Sample Odds Ratio:	0.7619 0.0670 8.6649
Conditional MLE Odds Ratio:	0.7693 0.0127 11.7247
Probability difference:	-0.0329 -0.2736 0.3279

Exact P-value: 1.0000
Asymptotic P-value: 0.8265

> twoby2(1-pratique\$type2,1-pratique\$irrigation)
2 by 2 table analysis:

Outcome : 0
Comparing : 0 vs. 1

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	3	16	0.1579	0.0518 0.3915
1	1	7	0.1250	0.0173 0.5373

	95% conf. interval
Relative Risk:	1.2632 0.1536 10.3879
Sample Odds Ratio:	1.3125 0.1154 14.9267
Conditional MLE Odds Ratio:	1.2999 0.0853 78.5784

Probability difference: 0.0329 -0.3279 0.2736

Exact P-value: 1.0000
Asymptotic P-value: 0.8265

Taille

> twoby2(1-pratique\$type1,1-pratique\$taille)
2 by 2 table analysis:

Outcome : 0
Comparing : 0 vs. 1

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	6	2	0.7500	0.3771 0.937
1	14	5	0.7368	0.5021 0.886

	95% conf. interval
Relative Risk: 1.0179	0.6286 1.6481
Sample Odds Ratio: 1.0714	0.1605 7.1515
Conditional MLE Odds Ratio: 1.0687	0.1237 14.2344
Probability difference: 0.0132	-0.3572 0.3002

Exact P-value: 1.0000
Asymptotic P-value: 0.9432

> twoby2(1-pratique\$type2,1-pratique\$taille)
2 by 2 table analysis:

Outcome : 0
Comparing : 0 vs. 1

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	14	5	0.7368	0.5021 0.886
1	6	2	0.7500	0.3771 0.937

95% conf. interval

Relative Risk: 0.9825 0.6067 1.5908
 Sample Odds Ratio: 0.9333 0.1398 6.2298
 Conditional MLE Odds Ratio: 0.9357 0.0703 8.0814
 Probability difference: -0.0132 -0.3002 0.3572

Exact P-value: 1.0000
 Asymptotic P-value: 0.9432

Maintien des résidus de culture

> twoby2(1-pratique\$type1,1-pratique\$maintien_res_cult)
 2 by 2 table analysis:

Outcome : 0
 Comparing : 0 vs. 1

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	8	0	1.0000	NaN 1.0000
1	13	5	0.7222	0.481 0.8794

	Relative Risk:	Sample Odds Ratio:	Conditional MLE Odds Ratio:	Probability difference:	95% conf. interval
	1.3846	Inf	Inf	0.2778	1.0397 1.8440 NaN Inf 0.4272 Inf -0.0808 0.5087

Exact P-value: 0.2805
 Asymptotic P-value: NaN

> twoby2(1-pratique\$type2,1-pratique\$maintien_res_cult)
 2 by 2 table analysis:

Outcome : 0
 Comparing : 0 vs. 1

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	13	5	0.7222	0.481 0.8794
1	8	0	1.0000	NaN 1.0000

```

Relative Risk: 0.7222 95% conf. interval 0.5423 0.9618
Sample Odds Ratio: 0.0000 0.0000 NaN
Conditional MLE Odds Ratio: 0.0000 0.0000 2.3408
Probability difference: -0.2778 -0.5087 0.0808

Exact P-value: 0.2805
Asymptotic P-value: NaN

```

Petite mécanisation

```
> twoby2(1-pratique$type1,1-pratique$mecanisation)
2 by 2 table analysis:
```

```
Outcome : 0
Comparing : 0 vs. 1
```

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	3	5	0.3750	0.1254 0.7152
1	6	13	0.3158	0.1492 0.5484

```

Relative Risk: 1.1875 95% conf. interval 0.3902 3.6135
Sample Odds Ratio: 1.3000 0.2310 7.3151
Conditional MLE Odds Ratio: 1.2872 0.1494 9.6160
Probability difference: 0.0592 -0.2678 0.4173

```

```
Exact P-value: 1.0000
Asymptotic P-value: 0.7660
```

```
> twoby2(1-pratique$type2,1-pratique$mecanisation)
2 by 2 table analysis:
```

```
Outcome : 0
Comparing : 0 vs. 1
```

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	6	13	0.3158	0.1492 0.5484
1	3	5	0.3750	0.1254 0.7152

```

Relative Risk: 0.8421 95% conf. interval 0.2767 2.5625
Sample Odds Ratio: 0.7692 0.1367 4.3285
Conditional MLE Odds Ratio: 0.7769 0.1040 6.6916
Probability difference: -0.0592 -0.4173 0.2678

Exact P-value: 1.0000
Asymptotic P-value: 0.7660

```

Fertilisation

```

> twoby2(1-pratique$type1,1-pratique$fertilisants)
2 by 2 table analysis:

```

```

Outcome : 0
Comparing : 0 vs. 1

```

```

0 1 P(0) 95% conf. interval
0 3 5 0.3750 0.1254 0.7152
1 8 11 0.4211 0.2263 0.6439

```

```

Relative Risk: 0.8906 95% conf. interval 0.3153 2.5158
Sample Odds Ratio: 0.8250 0.1512 4.5003
Conditional MLE Odds Ratio: 0.8309 0.0990 5.8775
Probability difference: -0.0461 -0.3677 0.3253

Exact P-value: 1.0000
Asymptotic P-value: 0.8241

```

```

> twoby2(1-pratique$type2,1-pratique$fertilisants)
2 by 2 table analysis:

```

```

Outcome : 0
Comparing : 0 vs. 1

```

```

0 1 P(0) 95% conf. interval
0 8 11 0.4211 0.2263 0.6439
1 3 5 0.3750 0.1254 0.7152

```

```

Relative Risk: 1.1228      95% conf. interval
Sample Odds Ratio: 1.2121  0.3975  3.1716
Conditional MLE Odds Ratio: 1.2036  0.2222  6.6120
Probability difference: 0.0461  0.1701  10.0990
                                -0.3253  0.3677

Exact P-value: 1.0000
Asymptotic P-value: 0.8241

```

Phytopsanitaire

```
> twoby2(1-pratique$type1,1-pratique$phyto)
2 by 2 table analysis:
```

```
-----
Outcome      : 0
Comparing    : 0 vs. 1
```

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	1	7	0.125	0.0173 0.5373
1	0	19	0.000	0.0000 NaN

```

Relative Risk:      Inf      NaN      Inf
Sample Odds Ratio:  Inf      NaN      Inf
Conditional MLE Odds Ratio:  Inf  0.0609  Inf
Probability difference: 0.125  -0.0720  0.4709

```

```

Exact P-value: 0.2963
Asymptotic P-value: NaN
-----
```

```
> twoby2(1-pratique$type2,1-pratique$phyto)
2 by 2 table analysis:
```

```
-----
Outcome      : 0
Comparing    : 0 vs. 1
```

	0	1	P(0)	95% conf. interval
0	0	19	0.000	0.0000 NaN
1	1	7	0.125	0.0173 0.5373

		95% conf. interval	
Relative Risk:	0.000	0.0000	NaN
Sample Odds Ratio:	0.000	0.0000	NaN
Conditional MLE Odds Ratio:	0.000	0.0000	16.4211
Probability difference:	-0.125	-0.4709	0.0720
Exact P-value:	0.2963		
Asymptotic P-value:	NaN		
