



**ISTOM**

**Ecole Supérieure d'Agro-Développement International**

4, rue Joseph Lakanal, 49 000 ANGERS  
Tél. : 02 53 61 84 60 istom@istom.fr



## Mémoire de fin d'études



Analyse du métabolisme territorial et des flux de biomasse de deux territoires en milieu rural.  
Etude des fokontanys de Miarinarivo et de Malaza dans la région du Vakinankaratra.

**HATTENVILLE Léopold Melchior Marie**

Promotion P110

Stage effectué à Antsirabe, Madagascar  
du [08/04/2024] au [15/09/2024]  
au sein de : CIRAD

Maître de stage : Mathieu Vigne  
Tuteur pédagogique : Alhamada Moutaz

Mémoire de fin d'études soutenu le [23/10/2024]

## **Résumé**

Madagascar est un pays qui fait face à des défis nombreux et qui menacent son modèle agricole. La circularité est une des solutions agroécologiques pour rendre une agriculture résiliente. La présence des systèmes en intégration agriculture-élevage dans la région et le district de l'étude représentent un intérêt majeur pour la circularité. Leur étude est donc un moyen d'observer et d'améliorer la circularité des biomasses. L'étude se portera sur l'analyse du métabolisme territorial afin de comprendre l'organisation et la stratégie des flux de biomasse à l'échelle de l'exploitation et du territoire.

**Mots-clés :** biomasse, circularité, flux, métabolisme territorial, organisation

## **Summary**

Madagascar faces many challenges that threaten its agricultural model. Circularity is one of the agro-ecological solutions for making agriculture resilient. The presence of integrated agriculture-livestock systems in the study region and district is of major interest for circularity. Studying them is therefore a way of observing and improving biomass circularity. The study will focus on analysing territorial metabolism in order to understand the organisation and strategy of biomass flows at farm and territorial level.

**Keywords :** biomass, circularity, flows, territorial metabolism, organisation

## **Sumario**

Madagascar se enfrenta a numerosos retos que amenazan su modelo agrícola. La circularidad es una de las soluciones agroecológicas para que la agricultura sea resiliente. La presencia de sistemas integrados de agricultura y ganadería en la región y el distrito estudiados reviste un gran interés para la circularidad. Estudiarlos es, por tanto, una forma de observar y mejorar la circularidad de la biomasa. El estudio se centrará en el análisis del metabolismo territorial para comprender la organización y la estrategia de los flujos de biomasa a nivel de las explotaciones y del territorio.

**Palabras clave:** biomasa, circularidad, flujos, metabolismo territorial, organización

Table des matières	
<b>Résumé</b> .....	1
<b>Table des illustrations</b> .....	3
<b>Tables des abréviations et des sigles</b> .....	4
<b>Remerciements</b> .....	6
<b>I- Introduction</b> .....	7
1- Contexte de l'étude.....	7
2- La circularité comme opportunité.....	10
3- Le métabolisme territorial comme approche d'évaluation et de promotion de la circularité.....	10
4- Objectifs de l'étude.....	12
<b>II- Matériels et Méthodes</b> .....	13
1- Sélection des zones d'études.....	13
2- Élaboration du métabolisme territorial.....	14
<b>III- Résultats</b> .....	19
I-Description des territoires.....	19
2- Schéma de flux des systèmes de production des territoires.....	21
<b>IV- Discussion</b> .....	28
1-Organisation des systèmes de production.....	28
2-Le rôle de l'élevage.....	31
3- La diversité des typologies.....	33
4- Limite méthodologiques.....	35
<b>V- Conclusion</b> .....	36

## **Table des illustrations**

### **Figures**

*Figure 1 : Localisation du district de Betafo. En orange, les hauts plateaux malgaches, en bleu la région du Vakinankaratra*

*Figure 2 : Pluviométrie et températures moyennes dans la région Vakinankaratra*

*Figure 3 : Caractérisation des sols dans la région du Vakinankaratra*

*Figure 4 : Cartographie des sols dans les 2 zones d'études*

*Figure 5 : Représentation de l'occupation des sols en pourcentage*

*Figure 6 : Schéma générique des flux à l'échelle d'une exploitation*

*Figure 7 : Représentation des flux pour les catégories de ménages à l'année à Miarinarivo*

*Figure 8 : Représentation des flux pour les catégories à Malaza à l'année*

*Figure 9 : Analyse des catégories communes entre les différentes typologies à Miarinarivo*

*Figure 10 : Analyse des catégories communes entre les différentes typologies à Malaza*

### **Tableaux**

*Tableau 1 : Organisation administratives à différentes échelles des terrains d'études*

*Tableau 2 : Tableau de conversion des surfaces agricoles*

*Tableau 3 : Descriptions des catégories d'exploitations issues de la typologie structurelle de Malaza*

*Tableau 4 : Descriptions des catégories d'exploitations issues de la typologie structurelle de Miarinarivo*

*Tableau 5 : Représentation en % de la répartition de la SAU et de la proportion d'élevage à Miarinarivo*

*Tableaux 6 : Représentation en % de la répartition de la SAU et de la proportion d'élevage à Malaza*

*Tableau 7 : Part de la pisciculture dans les territoires*

*Tableau 8 : Représentation des races d'élevage et des stabulations selon les typologies à Miarinarivo*

*Tableau 9 : Représentation des races d'élevage et des stabulations selon les typologies à Malaza*

*Tableau 10 : Typologies par direx d'acteurs à Miarinarivo*

*Tableau 11 : Typologies par direx d'acteurs à Malaza*

## **Tables des abréviations et des sigles**

### **Description de la région étudiée et des acteurs**

AVSF : Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières. ONG présente dans les territoires étudiés avec des projets concernant la nutrition.

Leucofruit : Entreprise locale de transformation de légumes, travaillant par le biais de l'agriculture contractuelle.

Malto : Entreprise locale de brassage, travaillant dans le cadre de l'agriculture contractuelle.

Socolait : Entreprise locale de transformation du lait, collectant la majeure partie du lait de la région.

Vakinankaratra : région administrative des zones étudiées, dont la capitale est Antsirabe.

Betafo : ville rurale proche des zones étudiées. C'est le chef-lieu du district du même nom.

Mandritsara : nom de la commune des zones étudiées. La commune est une délimitation administrative regroupant plusieurs villages.

Triangle du lait : Région géographique située entre Tsiroanomandidy (Ouest), Manjakandriana (Est) et Ambalavao Tsienimparihy (Sud) où se sont développées les activités de production laitière.

Les zones étudiées sont au cœur du triangle laitier.

### **Liste des autres abréviations**

CIRAD : Centre International de Recherche pour l'Agriculture et le Développement.

CLiMiT : Circular Livestock-based agri-food systems for climate change mitigation and territorial development (projet de recherche)

DINAAMICC : Démarches INTégrées et Accompagnement pour une Agriculture familiale à Madagascar Innovante et résiliente aux Changements Climatiques (Projet de recherche).

CAH : Classification ascendente hiérarchique

ACP : Analyse en Composantes Principales (outil statistique).

UBT : Unité d'élevage tropicale.

### **Mots malgaches utilisés dans le texte**

Cantina : unité paysanne pouvant contenir 4 kg de riz paddy.

Entana : unité paysanne représentant une quantité maximale que l'on peut porter sur la tête.

Fokontany : délimitation administrative, assimilée à un village

Kapoaka : bidon de 220 ml, utilisé comme unité pour les produits céréaliers tels que le riz.

Sobika : paniers utilisés pour transporter des produits. Leur taille varie d'un volume de 10 à 30L.

Tanimbary : champ irrigué

Tanimboly : champ non irrigué.

Tanimkazo : plantation de bois

## Remerciements

*Je tenais à remercier en premier Mathieu Vigne, maitre de stage présent et investi qui a su prendre le temps. Pour ses réflexions, son attention pour mon travail et ses conseils, toujours à prendre en compte.*

*Un merci à Margot Allix, travaillant sur le projet, pour son aide dans mon travail et pour nos réflexions les soirs d'hiver.*

*Merci à Finaritra, le traducteur, qui a su m'accompagner pour ces aventures quotidiennes, pour cette découverte de la culture malgache.*

*Je tenais à remercier Monsieur Moutaz Alhamada, mon tuteur pédagogique qui m'a accompagné et conseillé pendant ce stage.*

*Un merci à Gisèle de l'UMR, sans qui la mission à Madagascar n'aurait pas été possible et pour sa patience envers moi et mon temps de réponse concernant l'administratif.*

*Merci à tous les membres des équipes Dinaamicc, CliMiT et SPAD avec lesquels j'ai pu échanger et enrichir mes réflexions. Et surtout un sincère merci à toutes les personnes qui nous ont accueillis chez elles, autour d'un café, repas ou d'un toaka gasy, qui ont pris le temps de nous répondre, de s'intéresser à ce projet et à nous aider.*

*Misoatra betsaka !*

## I- Introduction

### 1- Contexte de l'étude

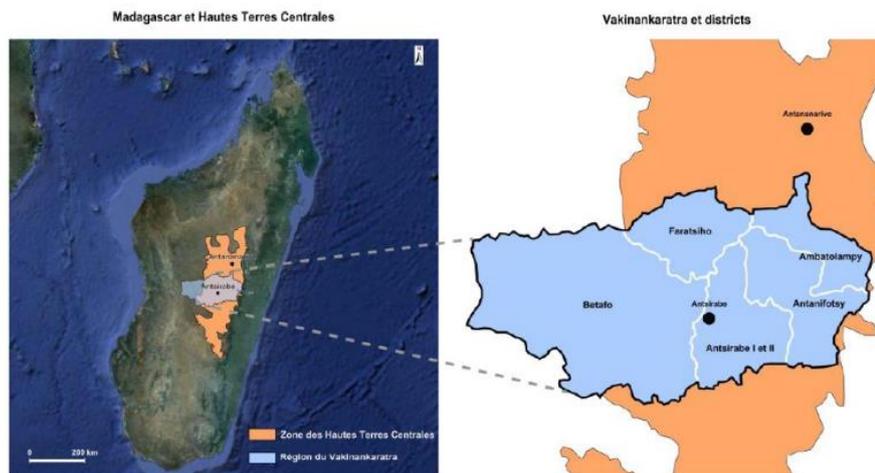
#### 1-1) Contexte global

Madagascar est la cinquième plus grande île du monde, se localisant au Sud-est du continent africain et séparée de l'Afrique Australe par le canal du Mozambique. Le pays présente une grande diversité de sols et de climats (Sourrisseau, 2016).

L'Afrique serait, avec l'Asie du Sud, la région la plus affectée par le réchauffement et le changement du régime des précipitations, avec des défis considérables en termes d'adaptation et d'atténuation du changement. Parmi les pays africains, Madagascar est un de ceux qui est le plus soumis à ce phénomène. Il figure ainsi parmi les 5 pays les plus vulnérables au changement climatique (FAO/PAM, 2013). Celui-ci a un impact direct sur les ressources et les activités rurales, s'ajoutant ainsi aux autres contraintes et défis inhérents au pays.

En effet, Madagascar connaît un taux de pauvreté très élevé (92 % de la population vit avec moins de 2 \$US par jour). Le pourcentage de la population étant en situation d'insécurité alimentaire s'élève à 64,9% alors que 38% des enfants de moins de 5 ans souffrant de malnutrition (Faostat, 2023). Cette pauvreté est majoritairement rurale alors que 86 % des personnes pauvres vivent en zone rurale) (RGPH, 2018).

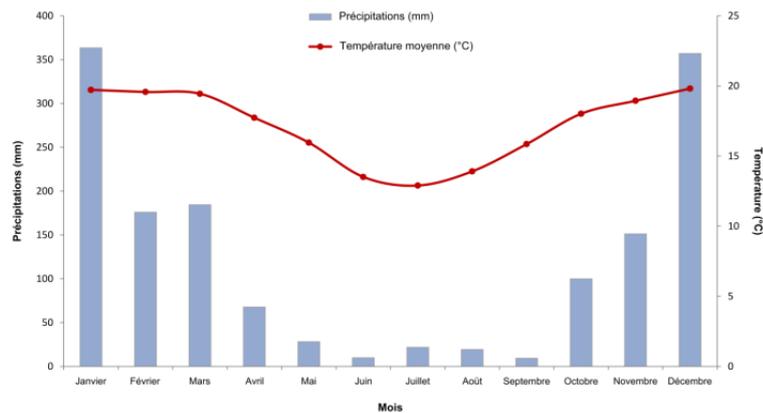
#### 1-2) Caractéristiques de la région du Vakinankaratra



*Figure 1 : Localisation du district de Betafo. En orange, les hauts plateaux malgaches, en bleu la région du Vakinankaratra (Alvarez, 2012).*

La région du Vakinankaratra est localisée dans les Hautes-Terres Centrales de Madagascar. Son climat se caractérise par une saison humide et chaude, avec des températures moyennes entre

18 et 20° C, entre Octobre et Avril, et d'une saison sèche et froide, avec des températures moyennes entre 7 et 9° C entre Avril et Octobre (Ahmid-Richard et al., 2018). C'est un territoire ayant un climat tropical d'altitude. Sa pluviométrie moyenne annuelle est aux alentours de 1300 mm (Figure 2). Les températures modérées et l'hydrométrie de la région sont favorables à une diversité importante de cultures, et notamment la culture d'espèces tempérées, ainsi qu'à l'élevage. Cependant, les températures basses en saison hivernale (juin-août) limitent la production de biomasse durant cette période (Sourrisseau et al., 2016).



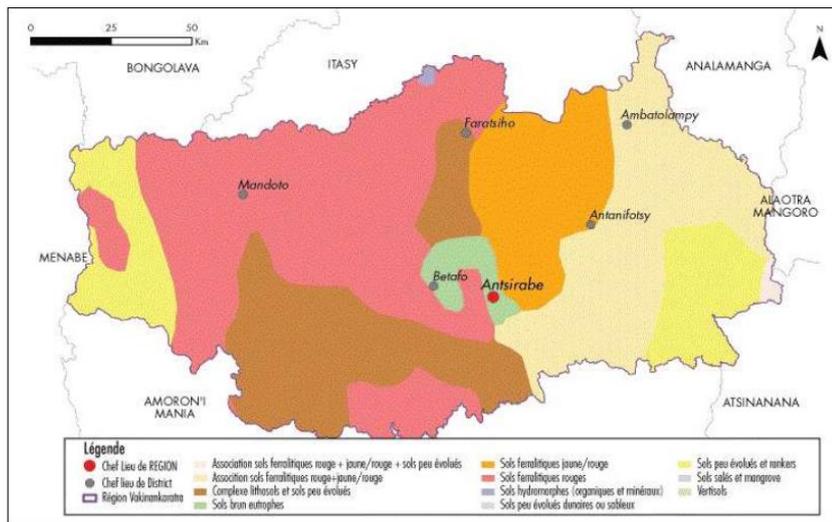
*Figure 2 : Pluviométrie et températures moyennes dans la région Vakinankaratra*

### **1-3) Dynamiques de l'agriculture dans le Vakinankaratra et dans le district de Betafo**

Les Hautes Terres du Vakinankaratra constituent une zone fortement agricole et agroindustrielle grâce à l'implantation ancienne d'industries agroalimentaires autour d'Antsirabe (comme la brasserie STAR implantée en 1949). Comptant environ 202 000 exploitations agricoles, orientées vers la production de céréales, de fruits, de légumes, et de produits d'origine animale, la région ravitaille les grandes villes de l'île dont la capitale, notamment en produits laitiers (Ahmid-Richard et al., 2018).

L'intégration agriculture-élevage occupe une part importante dans la région et ce, sous différentes formes (Alvarez, 2012). Elle est la base de la fertilisation des sols et de l'alimentation du bétail. En effet, la majorité des co-produits des cultures, tiges, résidus ou encore paille de riz, est utilisée pour l'alimentation du bétail, ce qui induit une pression importante sur les types de biomasse pouvant servir à l'alimentation du bétail.

Le district de Betafo possède plusieurs caractéristiques faisant de lui une région agricole importante. Les sols sont des sols volcaniques fertiles à forte teneur en matière organique (Bied-Charretton, 1970) et il existe une interaction forte entre l'agriculture et l'élevage (Alvarez et al., 2012).



*Figure 3 : Caractérisation des sols dans la région du Vakinankaratra*

Par ailleurs, les conditions climatiques et pédologiques ainsi que la proximité de laiterie industrielle (Tiko puis maintenant Socolait) et un appui technique historique de la part de la recherche et du développement ont favorisé l'émergence de l'activité laitière. La zone se situe dans le « Triangle laitier », qui produit environ 80% de la production nationale (Garruchet et al., 2023). La région du Vakinankaratra représenterait ainsi 45% de la production nationale de lait (Sourrisseau et al., 2016 alors que le district serait le principal pourvoyeur de lait dans le pays (Bélières et Lançon, 2020).

En dépit de conditions agroclimatiques favorables, la tendance est à la diminution de la taille des exploitation agricoles (EA). Avec l'accroissement de la population et face à la raréfaction des espaces non-cultivées, les exploitations se morcellent au fil des générations et deviennent de plus en plus petites (Belières et al., 2016). Si la surface moyenne était de 1,25 Ha dans la région du Vakinankaratra en 1985 (Sourrisseau et al., 2016), elle a été évaluée en 2004-2005, à 0,87ha (Ahmid-Richard et al., 2018). La surface moyenne continue de se réduire du fait de la pression démographique pour se situer à 0,72 ha en 2015. La taille du cheptel diminue lui aussi de la meme manière que la SAU (Sourrisseau et al., 2016).

Cette diminution s'accompagne de pratiques agricoles de plus en plus intensives avec la systématisation du travail du sol et l'abandon de la jachère (Ahmid-Richard et al., 2018).

La région ainsi que le district possèdent donc des opportunités mais aussi des freins. Si la région à un climat propice à l'élevage laitier, qu'il permet une diversification des cultures (notamment d'espèces tempérées) et que la proximité avec Antsirabe et Betafo permet des débouchés, ils

restent limités dans la production de biomasse en saison froide avec une pression foncière de plus en plus élevée (Ahmid-Richard et al., 2018).

## **2- La circularité comme opportunité**

L'agroécologie est une des voies évoquées dans la littérature scientifique et mobilisée par les politiques publiques nationales et internationales pour répondre aux objectifs assignés à l'agriculture, en matière de développement durable (ODD), de changement climatique, de sécurité alimentaire, de réduction des pollutions, voire de réduction de la pauvreté (FAO, 2018). L'agroécologie peut en effet être définie comme un ensemble de pratiques agricoles qui visent à mobiliser les processus biologiques et écologiques pour la production de biens et de services. Elle inclut plusieurs concepts dont celui de la circularité (HLPE, 2019).

La circularité se définit comme un concept qui vise à réduire la consommation de ressources et les émissions dans l'environnement en fermant la boucle des matériaux et des substances (De Boer et al., 2018). Selon ce concept, un système circulaire implique la recherche de pratiques et de technologies qui minimisent l'apport de ressources limitées, limitent les pertes en nutriments en fermant les cycles de nutriments, réduisent la dépendance aux apports extérieurs et donc permettent de réduire les coûts de production (Kleinpeter et al., 2022).

Du fait de la présence des systèmes en intégration agriculture-élevage dans la région et le district, ces systèmes représentent un intérêt majeur pour la circularité. Ils reposent sur la complémentarité entre les systèmes de culture et les systèmes d'élevage via la valorisation des effluents d'élevage et autres ressources organiques disponibles sur les systèmes de cultures (Ramarovahoaka et al., 2023). Les systèmes d'élevage à l'herbe et les systèmes intégrant agriculture et élevage, principalement présents en milieu tropical et notamment dans la zone d'études, sont à même de mobiliser les principes de l'agroécologie et donc de la circularité pour répondre aux enjeux de l'agriculture (Starket al., 2022<sup>3</sup>).

## **3- Le métabolisme territorial comme approche d'évaluation et de promotion de la circularité**

Afin de répondre aux questions sur la circularité dans un système agraire, le métabolisme territorial est une approche permettant de comprendre le fonctionnement global d'un territoire et ses dépendances par une analyse systémique.

### **3-1) Définitions et concepts du métabolisme territorial**

Le concept de métabolisme territorial est basé sur une analogie entre le fonctionnement des sociétés et la définition biologique du métabolisme (Modotti, 2013). Il traite de la manière d'utilisation et de transformation de la matière et de l'énergie par les territoires, la façon dont ils mobilisent les ressources de la biosphère les restituent ou non (Hooker, 2023). Les territoires dépendent de ces ressources et modifient leur environnement par l'usage qu'ils en font. Cette notion permet donc de caractériser les interactions entre société et nature, de manière systémique (Hooker, 2023). Elle rend visible la manière dont les flux circulent au sein des territoires, et les pertes et/ou empreintes environnementales associées (Hooker, 2023).

Le métabolisme territorial représente les flux de matière et d'énergie. Il peut être replacé dans un cadre social et spatial, que l'on appellera alors écologie territoriale. Cela implique d'avoir la connaissance de la gouvernance des flux, c'est-à-dire comment ils résultent de choix politiques, économiques, sociaux et choix politiques, économiques, sociaux et techniques. Ce cadre est nécessaire pour comprendre et analyser les flux (Hooker, 2023).

Le métabolisme territorial peut prendre plusieurs formes et s'intéresser à différentes échelles (Grillot, 2021). Cependant, l'aspect social reste encore en marge mais est pourtant primordial pour les analyses territoriales (Hemingway, 2024). La question de la gouvernance des flux reste donc peu travaillée. Elle est pourtant essentielle dans la construction du métabolisme (Barles, 2010).

### **3-2) Le métabolisme territorial dans ce contexte et celui du projet CLiMiT**

Les EA présentes dans la zone sont soumises à un grand nombre de défis. En plus d'assurer une production alimentaire à une population en malnutrition (Sourrisseau et al., 2016), elles doivent s'adapter aux changements climatiques et à la réduction de la SAU. Alors que la compétition pour les ressources dont la biomasse existe déjà, celle-ci augmente avec la diminution du cheptel et de la SAU par exploitation (Sourrisseau, 2016).

Les approches métaboliques sont particulièrement pertinentes pour étudier les compétitions dans l'utilisation de la biomasse agricole entre différents secteurs, tels que l'agriculture, l'alimentation, la santé et l'énergie (Hooker, 2023).

Cette approche est adaptée aux objectifs du projet CLiMiT. Le projet CLiMiT est un projet Interreg piloté par le CIRAD et en collaboration avec un ensemble d'acteurs malgache comme internationaux (GSDM, FOFIFA, AVSF). Ce projet a pour ambition la co-construction de systèmes alimentaires à travers la circularité de la biomasse et des activités d'élevage dans des territoires ruraux des Hautes Terres à Madagascar. Pour cela, le projet vise à représenter le fonctionnement de ces territoires à travers les flux de biomasse entre les différentes composantes du territoire, comprendre la gouvernance de ces flux de biomasse et s'appuyer sur ces informations afin d'identifier collectivement avec les acteurs locaux les opportunités d'amélioration de la circularité.

La représentation du métabolisme de ces territoires à travers les flux de biomasse entre leurs différentes composantes nécessite de capturer différents types d'informations : les différentes composantes du territoire, qui seront le réservoir et la destination des flux, ainsi que les flux eux-mêmes, qui doivent être qualifiés et quantifiés. C'est cet objectif spécifique que vise ce travail de stage.

#### 4- Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude est donc de réaliser un diagnostic à l'échelle des 2 fokontanys, dans le district de Betafo, des flux de biomasse. Les fokontanys représentent l'échelle administrative la plus basse avant les îlots (Tableau 1).

Entités administratives	Zones d'études
Région	Vakinankaratra
District	Betafo
Commune	Mandritsara
Fokontany	Miarinarivo et Malaza
Îlots	Découpage administratif des Fokontany (cf Annexe 6)

*Tableau 1 : Organisation administratives à différentes échelles des terrains d'études*

Le tableau 1 offre un panorama des différentes échelles administratives sur les terrains d'études, qui permettront de comprendre les échelles utilisées dans l'étude. Plusieurs îlots composent un Fokontany.

L'objectif est de comprendre le déplacement de ces flux, leurs importances pour les exploitations afin de répondre aux questions suivantes :

- Comment s'organisent les flux de biomasse et à quelles échelles se font-ils ?
- Quelle représentation ont-ils selon les différents types de production présents sur chaque territoire ?

Pour ce faire, cette étude se base sur 3 hypothèses principales :

La première (1) est qu'il existe une hétérogénéité entre les Fokontanys, avec différents leviers et contraintes sur les flux de biomasse. C'est la raison pour laquelle deux zones d'étude ont été

sélectionnées, dans le but de comparer les flux de biomasse. La deuxième (2) est que les EA s'organisent principalement à l'échelle du fokontany, cette échelle permettant de capturer une majorité des flux de biomasse circulant sur ces territoires. Enfin, la dernière (3) est que les pratiques, notamment de gestion de la biomasse, dépendent de la structure de l'EA et nécessite donc de mieux cerner la diversité des systèmes de production et donc des flux de biomasse qu'ils mobilisent.

## II- Matériels et Méthodes

### 1- Sélection des zones d'études

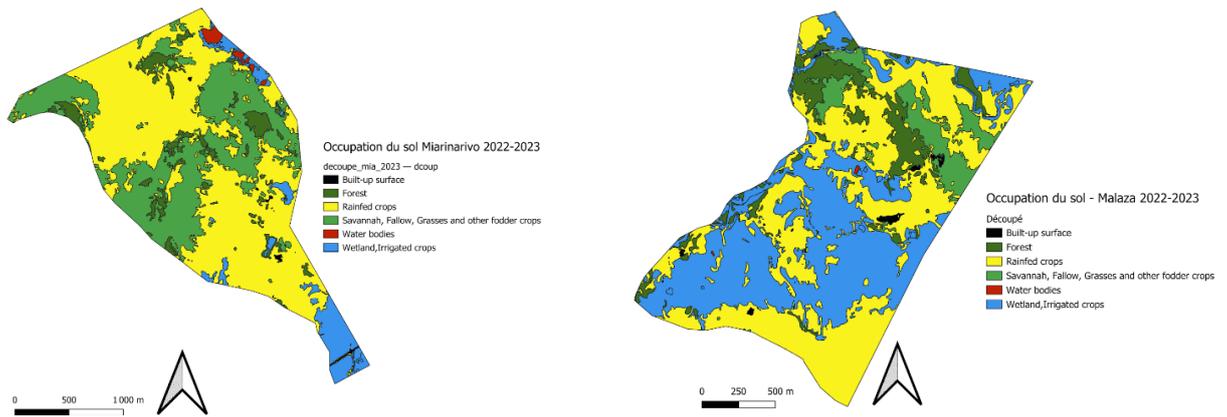
Dans le cadre du projet CLiMit, deux fokontanys ont été sélectionnés comme zone d'étude en raison de leur proximité géographique tout en présentant des différences marquées dans l'utilisation des sols. L'objectif de cette sélection est d'évaluer comment ces différences influencent la gestion de la biomasse, avec l'hypothèse que les pratiques de gestion seront directement liées aux types de sols et aux structures des exploitations présentes dans chaque zone.

Les deux zones étudiées affichent des profils contrastés en termes d'occupation des sols (Figure 4 et 5). La première zone, le fokontany de Malaza, se caractérise par la prédominance des terres cultivées, représentant 75 % de la surface totale. Les surfaces cultivées irriguées représentent environ 38% de la surface totale tandis que les surfaces cultivées pluviales en représentent 36%. Cette spécificité est propre à certaines localités de la région de Betafo, où la gestion de l'irrigation est bien maîtrisée, comme le soulignent Bouayad-Agha et al. (1995). Cette gestion efficace des terres irriguées influence directement les pratiques agricoles, notamment en matière de gestion de la biomasse.

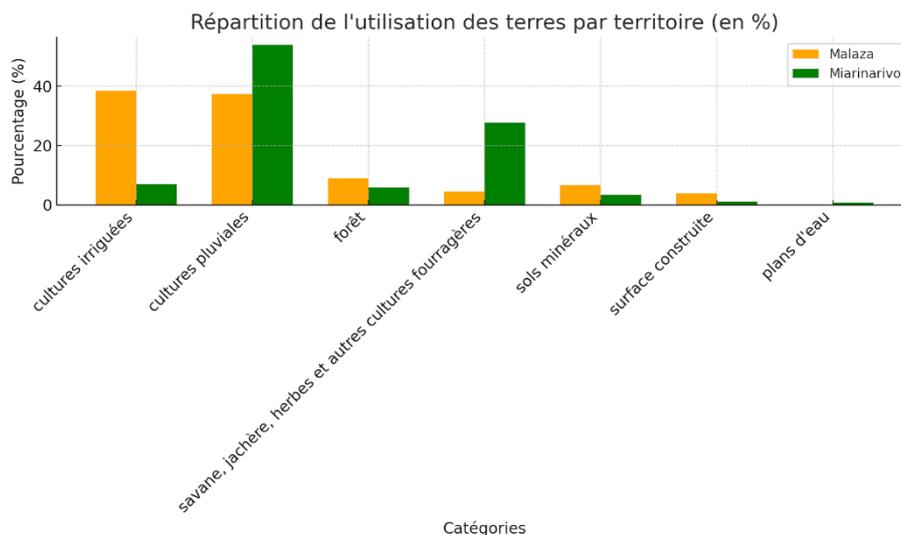
La deuxième zone, le fokontany Miarinarivo, près du mont Iavoko, un cratère volcanique, est dominée par des cultures pluviales (54 % de la surface totale). En outre, une part importante du territoire est constituée de savanes non cultivées et de broussailles, qui est la deuxième occupation du sol dans le Fokontany avec 25% des sols occupés. Ce fokontany est plus représentatif des autres villages de la commune en termes d'utilisation des sols.

Ces deux fokontanys illustrent parfaitement les contrastes dans l'utilisation des sols au sein d'une même région. Le premier, avec son réseau d'irrigation développé, est orientée vers une agriculture plus intensive, tandis que le seconde repose sur des cultures de type pluvial, avec une gestion moins intensive de la biomasse.

La sélection de ces deux zones permet ainsi de tester l'hypothèse selon laquelle la gestion de la biomasse diffère en fonction de la nature des sols et des structures agricoles locales, tout en prenant en compte les caractéristiques géographiques et agricoles spécifiques à chaque site.



*Figure 4 : Cartographie des sols dans les 2 zones d'études (Margot Allix, 2024, basé sur le travail de S. Dupuy, 2023)*



*Figure 5 : Représentation de l'occupation des sols en pourcentage (basé sur le travail de Margot Allix et de S. Dupuy, 2023)*

## 2- Élaboration du métabolisme territorial

### 2-1) Caractérisation des composantes du métabolisme territorial

Afin de déterminer les schémas de flux du métabolisme territorial, il est nécessaire de définir les différentes composantes qui le caractérisent. Cette étape a été réalisée à partir d'une analyse bibliographique approfondie, complétée par des entretiens menés auprès des exploitations agricoles locales ainsi que par des discussions avec divers acteurs clés du territoire. Cette

approche a permis d'identifier les principaux éléments et interactions au sein du territoire, formant la base des flux de matières et d'énergie entre les différents systèmes de production et gestion des ressources.

Les informations recueillies ont permis de préciser les principaux éléments constitutifs du métabolisme territorial, en tenant compte des spécificités locales et des pratiques agricoles courantes. L'implication des acteurs du territoire a été primordiale pour obtenir une vision réaliste et complète des différents systèmes de gestion présents dans la région étudiée.

Ainsi, six grandes composantes ont été identifiées : **les ménages, les cultures, les systèmes d'élevage, les espaces naturels, le stockage/gestion des effluents d'élevage** et les revendeurs, qui peuvent être dans ou en dehors du fokontany ou dans l'îlot. Ces composantes forment le cœur du métabolisme territorial et interagissent entre elles via des flux de matière (biomasse, intrants agricoles, effluents) et d'énergie (travail humain, mécanisation).

Le **système de cultures** a été divisé en deux catégories principales :

- Les **cultures pluviales** (Tanetys), qui sont majoritairement localisées sur les collines,
- Les **cultures irriguées** (Tanimboly ou SI), qui se trouvent principalement dans les plaines inondables et zones à fort potentiel agricole grâce à la gestion de l'eau.

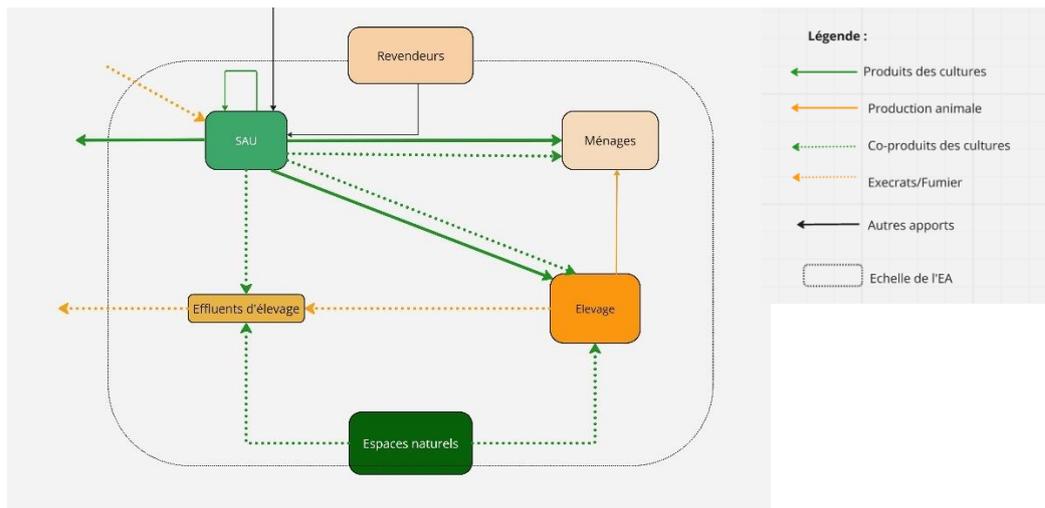
En complément de ces deux catégories principales, les **bordures de champs** et les **bois cultivés** (Tanimkazo) constituent des éléments additionnels du système de culture, apportant une diversité dans les types de productions et d'espaces gérés par les exploitations, notamment pour l'énergie et la combustion.

Le **système d'élevage** est, quant à lui, constitué de plusieurs sous-systèmes spécifiques à chaque type d'animal, tels que les bovins, les volailles ou encore les porcs. Ces systèmes varient en fonction des exploitations et peuvent différer dans les modes de gestion des ressources alimentaires et des effluents, influençant ainsi les schémas de flux entre les différentes composantes territoriales.

Les **espaces naturels** peuvent être définis comme tout espace non cultivé, allant des bois jusqu'aux petites zones laissées en jachère ou non exploitées à l'intérieur des Fokontanys ou des parcelles cultivées. Ces espaces contribuent à la biodiversité locale et peuvent également jouer un rôle dans la régulation des flux de matière au sein du territoire.

Enfin, certains **revendeurs** et **transformateurs de produits bruts** sont présents dans les Fokontanys et/ou îlots et ont été ajoutés comme un pool de flux spécifique dans l'analyse du métabolisme territorial. Ils interviennent principalement en tant qu'intermédiaires dans la chaîne de valeur agricole, en transformant ou redistribuant les productions locales, et ce, à différentes échelles.

Une description plus détaillée des différents pools de flux et de leur catégorisation est fournie dans l'annexe 1, où chaque composante est analysée en fonction de ses contributions aux échanges et aux interactions au sein du métabolisme territorial (figure 6).



*Figure 6 : Schéma générique des flux à l'échelle d'une exploitation*

## 2-2) Collecte des données pour la quantification des composantes et des flux

Afin d'établir le métabolisme territorial sur les 2 Fokontanys, des données quantitatives de chaque composante le caractérisant ont été collectées. Ces données ont servi à caractériser et quantifier les productions, les flux entrants et sortants de chaque composante. Cela signifie que des données sont collectées par culture, par production animale, par besoins des ménages. \_

Les données sont issues de dire d'acteurs, le plus souvent des agriculteurs. La précision de la quantification des données est donc faible. Elle donne cependant une estimation et un ordre de grandeur permettant de comparer les différentes structures et composantes.

### 2.2.1. Echantillonnage des exploitations enquêtées

Afin d'obtenir une typologie représentative, l'objectif a été de réaliser une centaine d'enquêtes et donc d'interroger une centaine d'exploitations agricoles réparties équitablement entre les 2 territoires, soit une cinquantaine d'enquêtes par Fokontany. Afin de s'assurer de pouvoir réaliser 50 enquêtes par territoires, un échantillonnage aléatoire de 100 personnes a été effectué sur chacune des listes électorales de 2017, étant les plus récentes, dont les présidents des deux Fokontanys nous ont autorisé l'accès le temps de le réaliser. Le choix des listes électorales a été fait afin de limiter les possibilités d'avoir des enfants ou d'avoir plusieurs personnes du même ménage sur la liste des enquêtés. L'échantillonnage a été réalisé sur le logiciel *R Studio*, où un code a réalisé un échantillonnage, suivant une loi uniforme, de numéros, chaque numéro étant associé à une personne dans la liste électorale. L'échantillon final était divisé en deux catégories. La première comportait les cinquante premières personnes tirées au sort et la deuxième, les cinquante autres "en réserve".

L'échantillonnage de 100 personnes par Fokontany a été fait afin de prévenir les difficultés à rencontrer les personnes choisies, les personnes étant dans le même ménage ou n'étant tout simplement plus dans le Fokontany.

Si une personne de la première catégorie n'était pas joignable ou présente, un second passage à un autre moment était effectué. Si au bout du deuxième ou troisième passage, il était toujours impossible de trouver la personne recherchée, elle était donc exclue de la première catégorie et la 51ème personne tirée au sort rentrait dans la première catégorie.

Au total, 92 ménages ont été enquêtés durant ce travail. 48 à Miarinarivo (sur 288 ménages soit 16,6%) et 44 à Malaza (sur 273 soit 16,1%). Sur ces 92 ménages, 2 n'ont pu être analysés que structurellement, le premier parce qu'il a déjà été enquêté par Marie Hooker et le second parce que le père de l'enquêté a mis fin à l'entretien, critiquant le manque de résultats du travail de Marie et de l'impact sur leur exploitation.

### 2.2.2. Guides d'enquête

Les enquêtes ont été menées pendant plus de 2 mois entre la contre-saison et la saison sèche (fin mai-début août). Pour chaque ménage, un entretien directif a été mené avec le chef d'exploitation. En cas d'absence du chef d'exploitation, il a été demandé à la personne présente si elle savait répondre aux questions et notamment sur les quantités. L'entretien a été divisé en 2 parties :

- La **première partie** était composée du guide commun (Annexe 2), que chaque WP doit réaliser dans le cadre de ses missions. Ce guide commun sert à collecter les données structurelles des ménages comme le nombre d'individus présents dans le ménage, la surface agricole, la surface boisée, le nombre d'animaux, la présence d'outils et les différents types d'élevage.
  - Au début de la première partie, un temps a été pris pour présenter le projet CliMit aux enquêtes, ses ambitions, la raison de notre venue, les ateliers participatifs à venir et voir les potentiels attentes et questionnements.
- La **seconde partie** était composée du guide d'enquête créé pour établir le métabolisme territorial dans le cadre du WP4 (Annexe 3). Il a été divisé en plusieurs catégories :
  - Les productions et itinéraires techniques par système cultural
  - Les productions par type d'élevage
  - La gestion des effluents d'élevage

Un entretien durait entre 1 et 2h avec les deux parties avec la traduction.

### 2.2.3. Conversion des données

Aussi, les données ont été collectées sous différentes échelles et unités, il a donc fallu créer une harmonisation commune à chaque composante afin de pouvoir les caractériser et les comparer.

Concernant les surfaces agricoles, il est apparu difficile pour les agriculteurs d'estimer les surfaces agricoles qu'ils possèdent en are ou hectare. Ceux-ci déclaraient généralement leurs surfaces selon le nombre d'hommes/jour pour les tanetyts et le nombre de Ketsavavi ou

d'angandin'omby pour les surfaces irriguées nécessaires pour les travaux agricoles pour chaque culture.

L'ONG "ASVF" travaillant depuis longtemps dans le district de Betafo et partenaire du projet CliMit, il a été possible d'obtenir les taux de conversion pour ces unités exprimées par les paysans pour la région du Vakinankaratra (Figure X).

Taux de conversion surface :

Unité locale	Nombre d'unité locale	Taux de conversion
<b>KV</b> (ketsavavy) utilisé pour mesurer les rizières	<b>1 KV</b>	3 ares
<b>HJ</b> (Homme jour) utilisé pour mesurer les tanety	<b>1 HJ</b>	1 are
<b>AA</b> (Angadin'omby/charrues) utilisé pour mesurer les tanety	<b>1 AA</b>	10 ares

*Tableau 2 : Tableau de conversion des surfaces agricoles (AVSF, 2024)*

Par ailleurs, la quantification des biomasses est le plus souvent exprimée en unité locale plutôt qu'en kg. On peut citer par exemple le kapoka (équivalent à une boîte de conserve standard), la sobika (petit panier tressé) ou encore la charrette (Figure X). La conversion de ces unités locales en kg s'est principalement appuyée sur les travaux réalisés par Marie Hooker, ancienne stagiaire dans le cadre du projet DINAAMICC et qui a travaillé sur la même zone d'étude (Hooker, 2023) (annexe 4). Certaines données ont toutefois été complétées par des validations auprès des enquêtés et de différents pesages à l'aide d'un peson.

La biomasse a été classée en fonction de son type et de son utilisation, tels qu'ils ont été observés sur le terrain. Ces catégories peuvent cacher certaines spécificités concernant les types de biomasses utilisées, c'est pourquoi pour chaque flux les proportions des différents types de biomasses sont indiquées. C'est pourquoi, pour chaque flux, les proportions des différents types de biomasses ont été vérifiées et précisées le cas échéant. Par exemple, un flux de céréales peut être composé pour moitié de riz et pour moitié d'orge, qui ont deux utilisations complètement différentes.

### 2.3. Typologie des ménages

L'hypothèse posée étant que la structure des ménages influence directement leurs pratiques agricoles, et que cette gestion est spécifique aux territoires sur lesquels ils sont présents, il est essentiel d'établir une typologie des exploitations agricoles. Cette typologie permet non seulement d'identifier les différents types d'exploitations, mais aussi de mieux comprendre les flux de matières et d'énergie qui circulent entre elles.

Pour cela, une typologie structurelle a été réalisée grâce à des entretiens menés au sein d'exploitations agricoles. Les données relatives à la structure des ménages, comme le nombre de personnes, le nombre d'animaux ou la surface agricole ont été collectées. Il a été possible de

classer les ménages à l'aide d'outils statistiques comme l'ACP et la CAH. Les typologies réalisées sont présentées en Annexe 5.

Afin de réaliser la représentation des flux par système d'exploitation pour une exploitation à l'année, la somme de tous les flux des exploitations étant dans la typologie a été faite puis la moyenne en a été tirée.

### III- Résultats

#### I-Description des territoires

##### 1-1) Typologie structurelle des territoires

Description des catégories de ménages selon la typologie statistique à Malaza	SP 1 (11%)	SP 2 (15%)	SP 3 (64%)	SP 4 (8%)
Taille du foyer moyenne	4,2	5	4,52	2,25
Superficie totale cultivée (SAU) en ares	8 - 104 (67,8)	1,5 - 154 (98,5)	15,9 - 33,0 (22,6)	3,30 - 400 (131,5)
Superficie des terres irriguées (SI) en ares	15,6 (9 - 102)	5,4 (15 - 60)	13,9 (9 - 90)	23,87 (12 - 90)
Superficie des terres pluviales (Tanety) en ares	13,9 (3 - 100)	2,4 (0 - 15)	15,66 (0 - 60)	15 (4 - 300)
Nombre de bovins laitiers	1,2 (0 - 5)	0 (0 - 0)	1,37 (0 - 3)	0,25 (0 - 3)
Nombre de bovins de trait	0,2 (0 - 4)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Nombre de porcs	1,6 (0 - 4)	1,4 (0 - 2)	0,38 (0 - 2)	0,25 (0 - 1)
Nombre de volailles	21,2 (0 - 40)	14,28 (0 - 60)	12,17 (0 - 90)	49,25 (0 - 300)

Les valeurs entre parenthèses représentent les minimums et maximums, tandis que les valeurs non entre parenthèses représentent la moyenne.

*Tableau 3 : Descriptions des catégories d'exploitations issues de la typologie structurelle de Malaza*

Description des catégories à Miarinarivo	SP 1 (41,30%)	SP 2 (10,80%)	SP 3 (21,70%)	SP 4 (26,20%)
Âge moyen (ans)	45,2	44,4	42,8	41
Taille du foyer moyenne	3,86	2,6	3,9	4,5
Superficie totale cultivée (SAU) en ares	35,2	4,24	2,5	39,5
Superficie des terres irriguées (SI) en ares	15,6 (0 - 41)	5,4 (0 - 10)	13,9 (0 - 75)	23,87 (6 - 72)
Superficie des terres pluviales (Tanety) en ares	13,9 (0 - 21)	2,4 (0 - 6)	15,66 (0 - 36)	15 (1 - 40)
Nombre de bovins laitiers	1,3 (0 - 3)	0,6 (0 - 2)	0,3 (0 - 3)	1,16 (0 - 4)
Nombre de bovins de trait	0,1 (0 - 1)	0,4 (0 - 2)	Aucun	0,66 (0 - 2)
Nombre de porcs	0,3 (0 - 2)	0,3 (0 - 2)	Aucun	0,166 (0 - 1)
Nombre de volailles	8,5 (0 - 32)	7,6 (0 - 20)	6,81	10,41

Les valeurs entre parenthèses représentent les minimums et maximums, tandis que les valeurs non entre parenthèses représentent la moyenne.

*Tableau 4 : Descriptions des catégories d'exploitations issues de la typologie structurelle de Miarinarivo*

A l'aide de l'analyse statistique du guide d'entretien commun (cf Annexe 5), il a été possible de déterminer une typologie d'exploitations agricoles dans chacun des territoires (Tableau 3 et Tableau 4).

A Miarinarivo, 4 types se distinguent par la SAU, les terres pluviales, irriguées et les différents types d'élevage. Le système de production (**SP 1**) se caractérise par une taille moyenne de foyer assez importante et une superficie cultivée modérée, dont les tanetys occupent une surface importante (Tableau 5), et avec une présence modérée de bovins et de volailles. Les bovins laitiers représentent la quasi-totalité de l'élevage (Tableau 5). Le **SP 2** a la plus petite taille de foyer et une faible superficie cultivée, principalement portée sur les surfaces pluviales (Tableau 5) avec peu de bovins, de porcs, et de volailles, qui représentent la majorité de l'élevage (Tableau 5). Le **SP 3** a la plus petite superficie cultivée, équilibrée entre les terres (Tableau 5) et bien qu'il ait des bovins laitiers, il ne possède pas de bovins de trait ni de porcs, avec un nombre modéré de volailles, qui sont majoritaires (Tableau 5). Le **SP 4** est caractérisé par la plus grande taille de foyer, une grande superficie cultivée, portée sur les surfaces irriguées (Tableau 5) et une forte présence de volailles et de porcs, présents de manière équilibrée (Tableau 5).

A Malaza, on retrouve aussi 4 types qui se distinguent par la SAU, les terres pluviales, irriguées et les différents types d'élevage. Le **SP 1** se caractérise par une taille moyenne de foyer et une diversification dans la possession d'animaux (bovins, porcs, volailles) (Tableau 6). La répartition de la SAU est équilibrée (Tableau 6). Le **SP 2** a la plus grande taille moyenne de foyer et une superficie irriguée importante, mais aucune possession de bovins. La SAU est principalement composé de surfaces irriguées (Tableau 6). Le **SP 3** représente la majorité des ménages, avec de petites superficies et peu d'animaux. On observe une importance de l'élevage laitier ainsi qu'une prépondérance des surfaces irriguées (Tableau 6). Le **SP 4** se distingue par les plus grandes surfaces cultivées avec une importance des tanetys (tableau 6), une faible taille de foyer et une possession notable de volailles, qui sont la seule source d'élevage (Tableau 6).

Les deux territoires s'organisent de manière différente. Il existe des différences importantes entre Malaza et Miarinarivo. Malaza se caractérise avec des superficies agricoles et une présence animale plus importante, tandis que Miarinarivo montre une structure plus restreinte, notamment en termes de superficie cultivée et d'animaux.

Cluster	Tanetys (%)	SI (%)	Bovins laitiers (%)	Bovins de travail (%)	Porcs (%)	Volailles (%)
SP1	59,6	40,4	89,2	0	1,40	9,40
SP2	69,2	30,8	20	9,77	8,62	41,6
SP3	47,1	52,9	11,1	0	0	88,9
SP4	38,5	61,5	31,8	31,9	28,7	7,61

*Tableau 5 : Représentation en % de la répartition de la SAU et de la proportion d'élevage à Miarinarivo*

Cluster	Tanetys (%)	SI (%)	Bovins laitiers (%)	Bovins de travail (%)	Porcs (%)	Volailles (%)
SP1	43,6	56,4	20,5	53,5	15,8	10,2
SP2	12,5	87,5	0	0	80,1	19,9
SP3	25,6	74,4	64,5	0	8,86	12,9
SP4	62,5	37,5	0	0	0	100

*Tableaux 6 : Représentation en % de la répartition de la SAU et de la proportion d'élevage à Malaza*

## 2- Schéma de flux des systèmes de production des territoires

### 2-1) Miarinarivo

Miarinarivo (figure 7)

Les données représentent une EA de la catégorie sur une année.

*SP1 :*

- **Semences et origines** : Les semences sont principalement issues de l'extérieur du fokontany (55% soit 50 kg). Elles proviennent majoritairement du marché de Betafo ou d'autres agriculteurs. Une partie provient des récoltes des années précédentes et a été stockée dans la maison (28,8% soit 26 kg). Le reste provient de l'ilot (15,1% soit 13,6 kg).
- **Productions et destinations** : Le premier système de production se tourne principalement vers l'exportation en dehors du fokontany pour les légumes et tubercules, mais reste en autoconsommation pour les céréales. En moyenne, une exploitation exporte 434 kgMB de tubercules, en consomme 285 kgMB, et exporte environ 34 kgMB de légumes pour en consommer 9 kgMB. Les céréales sont

majoritairement autoconsommées (480 kgMB), avec une exportation de 175 kgMB. Une partie de la production est réservée au bétail (340 kgMB).

- **Co-produits et utilisations** : Les coproduits sont principalement utilisés pour l'alimentation du bétail (967 kgMB) et sont également exportés dans l'îlot (35 kgMB).
- **Fertilisation et produits phytosanitaires** : Le SP1 importe 18,5 kgMB de fertilisants minéraux (NPK, urée), provenant du marché de Betafo ou de vendeurs au bord de route, et 2,4 kgMB sous contrat. Il importe également 4 L de produits phytosanitaires via des revendeurs.

#### SP2 :

- **Semences et origines** : Les semences proviennent principalement du fokontany (45,1% soit 12 kg). Une autre partie est issue de l'exploitation (25,2% soit 6,6 kg) ou de l'extérieur du fokontany (25,5% soit 6,8 kgMB). Le reste provient de l'îlot ou de contrats.
- **Productions et destinations** : Ce système est principalement basé sur l'autoconsommation. Plus de 87% des céréales (271 kgMB), 90% des légumes (12,6 kgMB), et 70% des tubercules (84 kgMB) sont autoconsommés. Il exporte peu, que ce soit dans l'îlot, le fokontany, ou en dehors.
- **Co-produits et utilisations** : La majorité des coproduits est vendue ou échangée dans l'îlot (204 kgMB). Ils sont aussi utilisés pour la combustion domestique (139,3 kgMB) ou l'alimentation du bétail (83,1 kgMB).
- **Fertilisation et produits phytosanitaires** : Le SP2 importe 2,2 kgMB de fertilisants minéraux à l'extérieur du fokontany et 0,6 kgMB sous contrat. Il utilise 2,1 L de produits phytosanitaires issus de revendeurs locaux.

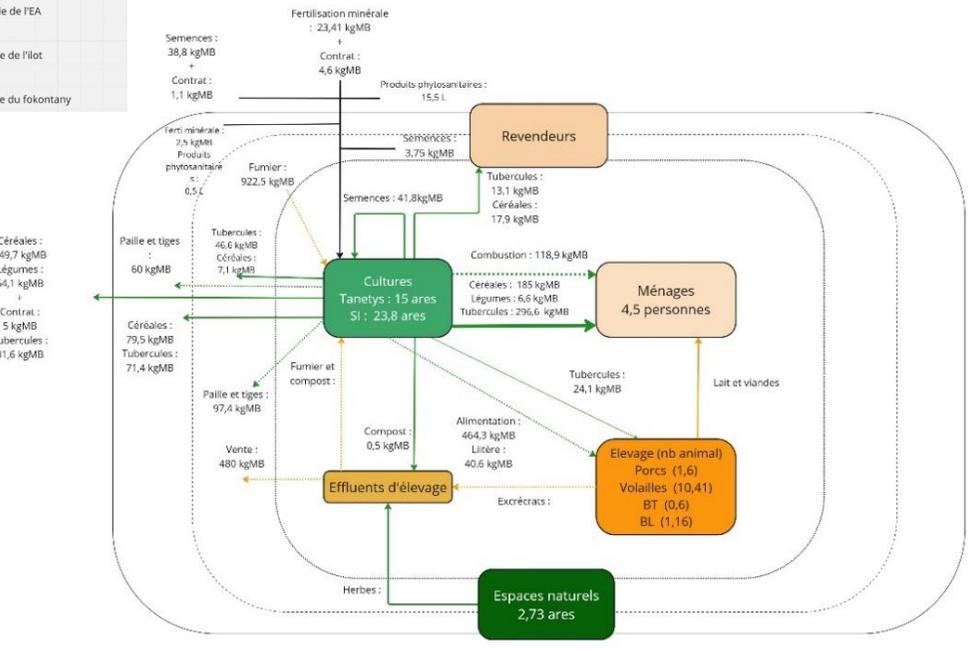
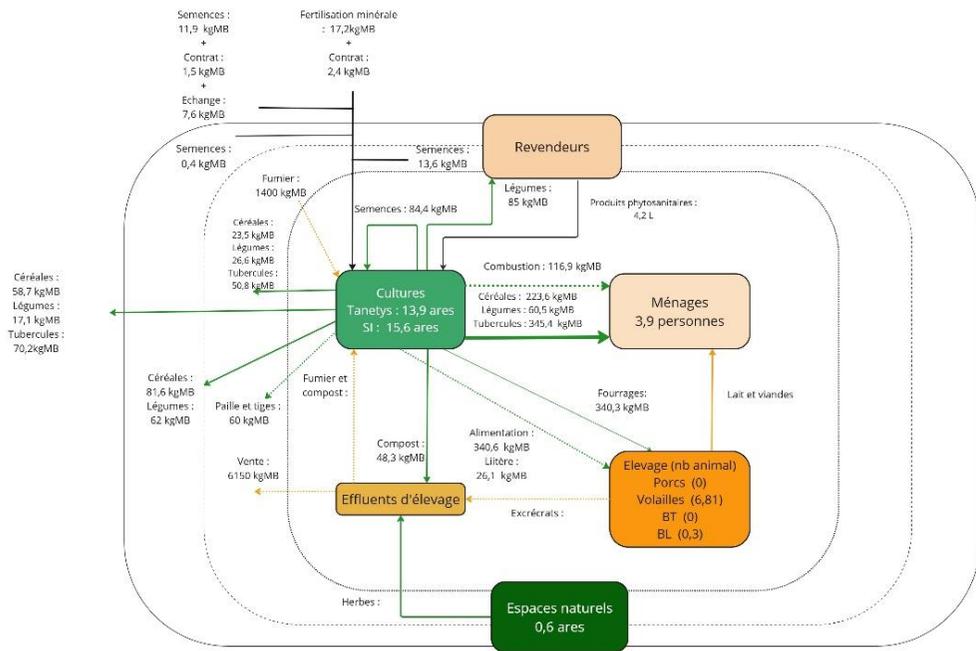
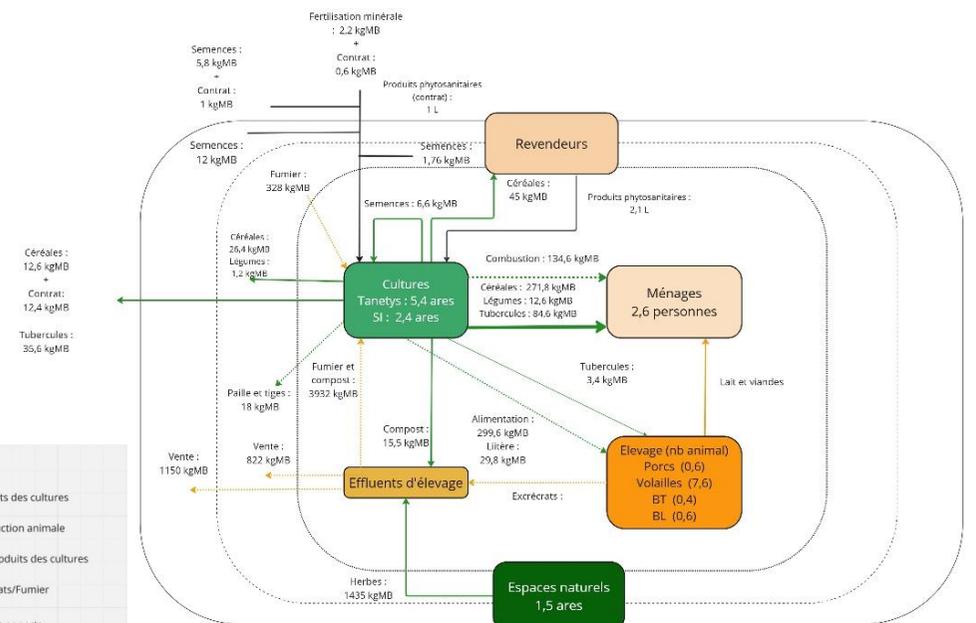
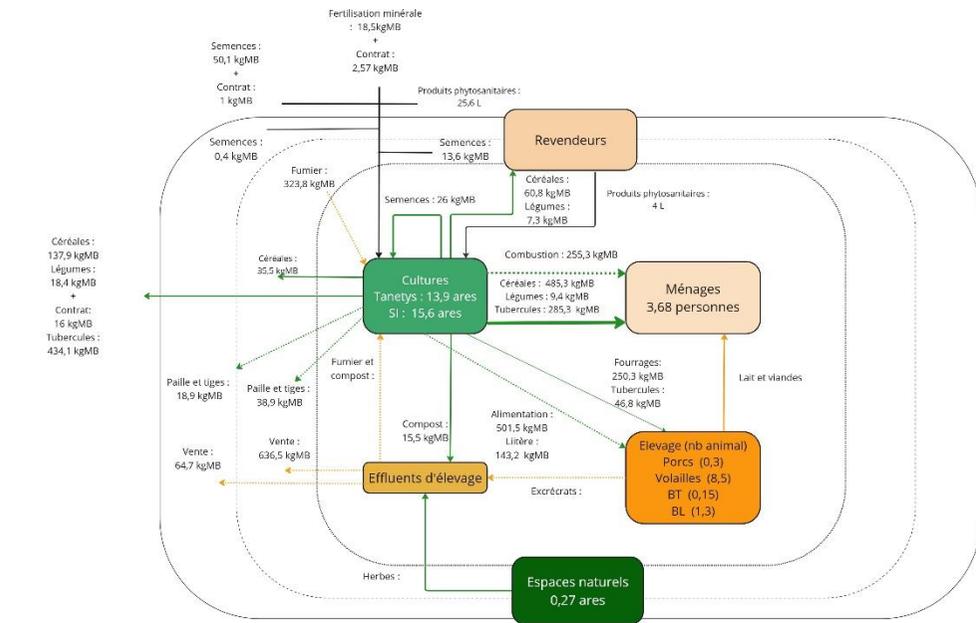
#### SP3 :

- **Semences et origines** : Dans ce système, 71,5% des semences (84,4 kgMB) proviennent de l'exploitation. Les autres sources sont l'îlot (11,6% soit 13,6 kgMB), l'extérieur du fokontany (10,1% soit 11,9 kgMB), et des échanges avec d'autres fokontany (6,4% soit 7,6 kgMB). Le reste provient de contrats.
- **Productions et destinations** : Ce système reste centré sur l'autoconsommation, mais dans une moindre mesure que le SP2. La moitié des céréales est autoconsommée (57% soit 236 kgMB), le reste étant exporté. 27% des légumes (60,5 kgMB) sont autoconsommés, tandis que 38% (85 kgMB) sont exportés via des revendeurs. Enfin, 75% des tubercules (345,5 kgMB) sont autoconsommés. Ce système inclut aussi des cultures pour l'alimentation du bétail (340 kgMB).
- **Co-produits et utilisations** : Les coproduits sont principalement utilisés pour l'alimentation du bétail (709 kgMB) et pour l'exportation dans l'îlot (35 kgMB).
- **Fertilisation et produits phytosanitaires** : Le SP3 importe 17,3 kgMB de fertilisants et 2,3 kgMB sous contrat. Il utilise 4,2 L de produits phytosanitaires achetés auprès de revendeurs locaux.

*SP4 :*

- **Semences et origines** : Les semences proviennent en majorité de l'exploitation (49,6% soit 42 kgMB) et de l'extérieur du fokontany (46% soit 38,8 kgMB). Le reste provient de l'îlot (4,4% soit 3,8 kgMB) et de contrats.
- **Productions et destinations** : Les céréales sont majoritairement autoconsommées (35% soit 158 kgMB), mais aussi exportées hors du fokontany (33,8% soit 149 kgMB). La majorité des légumes (84,7% soit 64 kgMB) est exportée hors fokontany, avec une partie sous contrat. Les tubercules sont principalement autoconsommées (65% soit 300 kgMB) ou exportées dans le fokontany (23,8% soit 71,4 kgMB).
- **Co-produits et utilisations** : Le SP4 privilégie la combustion (364,5 kgMB), suivi de l'alimentation du bétail (280 kgMB) et de l'exportation dans l'îlot (120 kgMB).
- **Fertilisation et produits phytosanitaires** : Le SP4 importe 23,1 kgMB de fertilisants en dehors du fokontany et 4,6 kgMB sous contrat. Il importe 15,5 L de produits phytosanitaires, plus que les autres systèmes.

*NB : Les contrats sont passés avec des entreprises comme Malto pour l'orge et Leucofruit pour les haricots verts. Ils permettent à l'exploitation de vendre leur production à ces entreprises qui fournissent, à prix réduit, en échange de la fertilisation minérale et des produits phytosanitaires. Dans ce cas, les produits phytosanitaires n'ont pas été modélisés car trop faibles.*



SP 3 Mirinarivo: **Figure 7: Représentation des flux pour les catégories de ménages à l'année à Mirinarivo**

## 2-2) Malaza

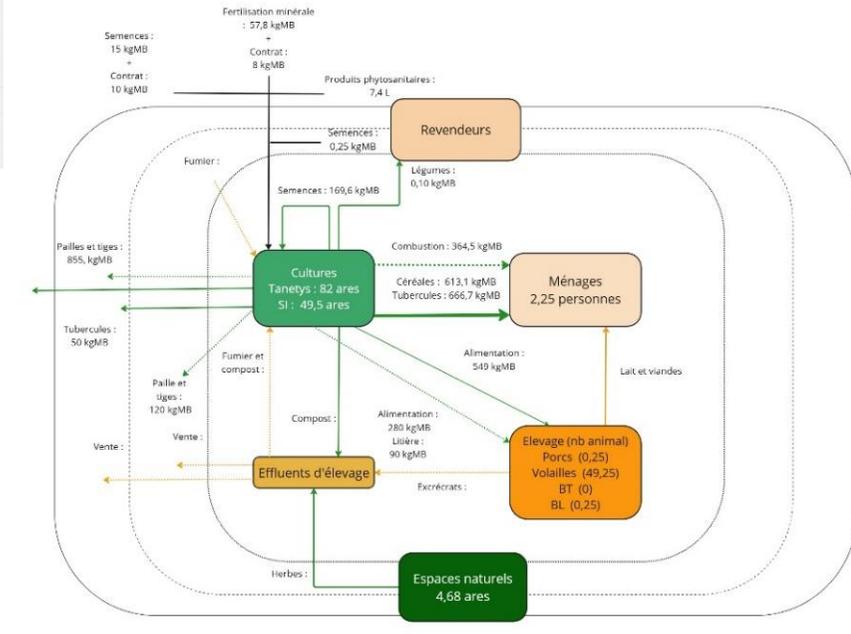
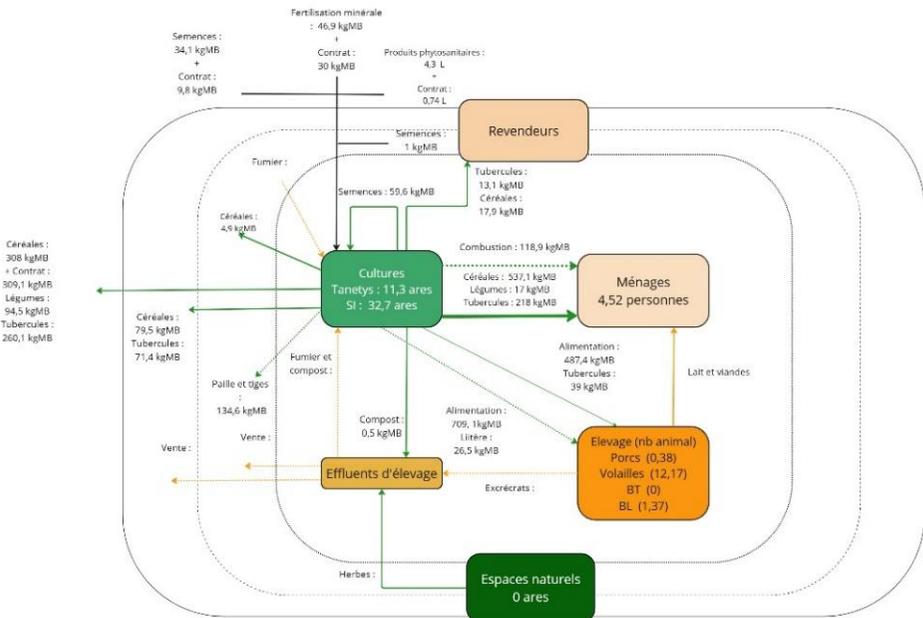
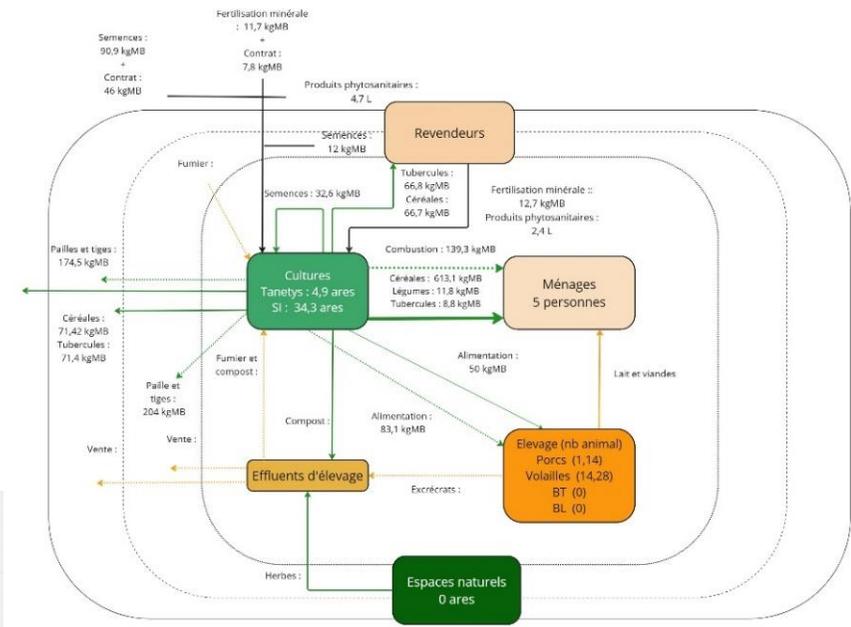
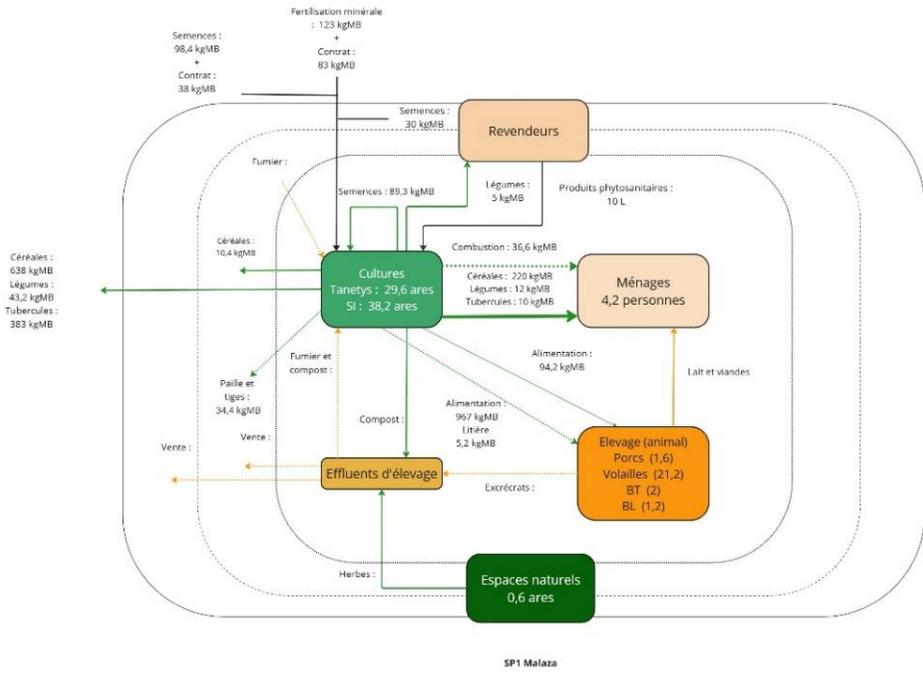
Malaza (Figure 8)

### SP1 :

- **Semences et origines** : Les semences proviennent principalement de l'exploitation (34,9% soit 89,3 kgMB) et de l'extérieur du fokontany (37,3% soit 98,4 kg), notamment du marché de Betafo. Le reste provient du fokontany (11,3% soit 30 kg) et des contrats (14,3% soit 38 kgMB).
- **Productions et destinations** :
  - **Céréales** : 73,4% (638 kgMB) sont destinées à la vente hors fokontany, le reste (25,3% soit 228 kgMB) est autoconsommé.
  - **Légumes** : 78,2% (43,2 kgMB) sont vendus, tandis que 21,7% (12 kgMB) sont autoconsommés.
  - **Tubercules** : 97,4% (383 kgMB) sont vendus hors fokontany, le reste est autoconsommé.
  - **Fourrage** : Une production spécifique est dédiée à l'alimentation du bétail.
- **Co-produits et utilisations** : Les coproduits sont majoritairement utilisés pour l'alimentation du bétail (967 kgMB), avec une quantité équivalente (35 kgMB) exportée dans l'îlot.
- **Fertilisation et produits phytosanitaires** : Le SP1 importe 123 kgMB de fertilisants, dont 83 kg sous contrat. Il utilise 10 L de produits phytosanitaires provenant uniquement de revendeurs locaux.

### SP2 :

- **Semences et origines** : Les semences proviennent principalement de l'extérieur du fokontany (50% soit 90,9 kgMB) et des contrats (25,4% soit 46 kgMB). Le reste provient de l'exploitation (18% soit 32,6 kgMB) et de l'îlot (6,6% soit 12 kgMB).
- **Productions et destinations** :
  - **Céréales** : 53,7% (613 kgMB) sont autoconsommées, tandis que le reste est exporté hors fokontany en vente (89,1 kgMB) ou via des contrats (350 kgMB).
  - **Légumes** : 79,8% (66,8 kgMB) sont vendus à des revendeurs, le reste (14% soit 11,8 kgMB) est autoconsommé.
  - **Tubercules** : 50,1% (80,7 kgMB) sont exportés hors fokontany, 44,3% (71,4 kgMB) sont exportés dans le fokontany, et 5,4% (8,8 kgMB) sont autoconsommés.
- **Co-produits et utilisations** : La majorité des coproduits est échangée ou vendue dans l'îlot (204 kgMB), suivie de la combustion domestique (139,3 kgMB) et de l'alimentation du bétail (83,1 kgMB).
- **Fertilisation et produits phytosanitaires** : Le SP2 importe 11,7 kgMB de fertilisants, 7,8 kgMB sous contrat, et 12,7 kgMB via des revendeurs. Il utilise 4,7 L de produits phytosanitaires provenant de l'extérieur du fokontany et 2,4 L de revendeurs locaux.



*Figure 8 : Représentation des flux pour les catégories à Malaza à l'année*

### SP3 :

- **Semences et origines** : La majorité des semences provient de l'exploitation (57% soit 59,6 kgMB), suivie de l'extérieur du fokontany (32,6% soit 34,1 kgMB), principalement du marché de Betafo et des agriculteurs, et des contrats (9,3% soit 9,8 kgMB).
- **Productions et destinations** :
  - **Céréales** : 43,5% (537 kgMB) sont autoconsommées, 24,9% (308 kgMB) sont exportées hors fokontany, 25% (309 kgMB) sont vendus sous contrat. Une petite partie est vendue dans l'ilot (74 kgMB) ou à des revendeurs (17 kgMB).
  - **Légumes** : 84,7% (94,5 kgMB) sont exportés hors fokontany, le reste est autoconsommé.
  - **Tubercules** : 36,2% (218 kgMB) sont autoconsommés, 43,2% (260 kgMB) sont exportés hors fokontany, et le reste est vendu dans le fokontany (71 kgMB), à des revendeurs (13,1 kgMB), ou utilisé pour l'alimentation du bétail (39 kgMB).
- **Co-produits et utilisations** : Les coproduits sont utilisés principalement pour l'alimentation du bétail (709 kgMB).
- **Fertilisation et produits phytosanitaires** : Le SP3 importe 46,9 kgMB de fertilisants, dont 30 kg sous contrat. Il utilise 4,3 L de produits phytosanitaires provenant de l'extérieur du fokontany, notamment du marché de Betafo.

### SP4 :

- **Semences et origines** : Les semences proviennent presque exclusivement de l'exploitation (87% soit 169,6 kgMB), avec le reste provenant de l'extérieur du fokontany (7,7% soit 15 kgMB) et des contrats (5,1% soit 10 kgMB).
- **Productions et destinations** :
  - **Céréales** : 48,1% (613 kgMB) sont autoconsommées, 20,4% (260 kgMB) sont exportées hors fokontany, et 31,4% (400 kgMB) sont vendues sous contrat.
  - **Tubercules** : 83,5% (666,7 kgMB) sont autoconsommés, le reste est exporté hors fokontany (81,2% soit 10,1%) ou dans le fokontany.
  - **Fourrage** : 549 kgMB sont produits pour l'alimentation du bétail.
- **Co-produits et utilisations** : Les coproduits sont principalement utilisés pour la combustion (364,5 kgMB), suivis par l'alimentation du bétail (280 kgMB) et l'exportation dans l'ilot (120 kgMB).
- **Fertilisation et produits phytosanitaires** : Le SP4 importe 57,8 kgMB de fertilisants, dont 8 kg sous contrat. Il utilise 7,4 L de produits phytosanitaires provenant du marché de Betafo.

Les flux d'effluents d'élevage n'ont pas pu être quantifiés dans cette étude car il a été remarqué des incohérences dans les données récoltées entre les réponses aux questions « Combien avez-vous raclé et combien avez-vous déposé vers vos cultures ? » et la seconde qui est « Combien de fumure issue de votre exploitation avez-vous déposé sur cette culture ? », ce qui a empêché de quantifier et de boucler le cycle des effluents d'élevage.

## Pisciculture

La pisciculture occupe une place particulière dans la région, qui est traditionnellement très présente dans la région des Hautes Terres. Elle est importante car elle permet un complément de revenus ainsi qu'une meilleure gestion de la fertilisation dans les parcelles (Bentz et al., 2010). Le tableau 8 montre la présence plus importante de la pisciculture à Malaza qu'à Miarinarivo.

SP	Nombre d'exploitation pratiquant (en %)	Gestion par une association (en %)	Ventes (en %)	Destination ventes
SP 1	36.84	28.57	28.57	Betafo
SP 2	40	100	0	0
SP 3	30	33	50	Betafo
SP 4	25	0	66.67	Betafo

SP	Nombre d'exploitation pratiquant la pisciculture (en %)	Gestion par une association (en %)	Produit venant (en %)	Destination ventes
SP 1	100	0	40	Betafo
SP 2	42.86	0	33.33	Betafo
SP 3	68.97	-	60	Betafo et ilot
SP 4	75	-	75	Betafo et ilot

*Tableau 7 : Part de la pisciculture dans les territoires. A gauche, Miarinarivo et à droite Malaza*

## IV- Discussion

### 1-Organisation des systèmes de production

On remarque des tendances d'organisation de flux selon les systèmes de production assez similaires. En comparant les différents systèmes de chaque territoire, il est possible d'établir des analogies.

#### *SP1 : Des systèmes tournés vers l'exportation*

Dans les deux territoires, le **SP1** est principalement orienté vers l'exportation, notamment pour les légumes et les tubercules. À Miarinarivo, 55% des semences proviennent de l'extérieur du fokontany, reflétant une forte dépendance vis-à-vis des marchés externes pour renouveler les variétés cultivées. À Malaza, cette dépendance est plus modérée (37,3%), et une plus grande part des semences (34,9%) provient de l'exploitation elle-même.

Les deux SP1 se caractérisent par une exportation massive des productions. À Miarinarivo, l'autoconsommation est surtout concentrée sur les céréales, tandis que les légumes et les tubercules sont principalement vendus hors fokontany. À Malaza, la tendance est similaire, mais avec une intensification plus marquée de la production agricole grâce à une utilisation plus importante de fertilisants (123 kgMB contre 18,5 kgMB à Miarinarivo) et de produits phytosanitaires (10 L contre 4 L).

Les **SP1** de Miarinarivo et Malaza se ressemblent par leur orientation commerciale forte et leur dépendance aux intrants agricoles, bien que Malaza se distingue par une intensification agricole plus poussée et une autonomie légèrement plus importante en semences.

### *SP2 : Systèmes axés sur l'autoconsommation*

Les **SP2** dans les deux territoires partagent une caractéristique clé : une forte orientation vers l'autoconsommation. À Miarinarivo, la majorité des productions, qu'il s'agisse des céréales (87%), des légumes (90%) ou des tubercules (70%), est destinée à l'autoconsommation. De même, à Malaza, l'autoconsommation est dominante, bien que la proportion soit légèrement inférieure pour les céréales (53,7%).

Cependant, il existe une différence notable dans l'origine des semences. À Miarinarivo, une grande part des semences provient du fokontany (45,1%) et de l'exploitation (25,2%), ce qui reflète une bonne autonomie. À Malaza, en revanche, les semences sont principalement issues de sources externes (50%) et de contrats (25,4%), indiquant une dépendance plus marquée aux marchés pour les semences.

L'utilisation des intrants reste limitée dans les deux territoires. À Miarinarivo, seulement 2,2 kgMB de fertilisants sont utilisés, tandis qu'à Malaza, cette quantité est plus élevée (11,7 kgMB), mais elle demeure relativement modeste. L'utilisation des produits phytosanitaires est aussi faible dans les deux cas.

Les **SP2** de Miarinarivo et Malaza se ressemblent par leur importance sur l'autoconsommation et leur faible utilisation d'intrants. Cependant, Miarinarivo montre une plus grande autonomie en semences, tandis que Malaza affiche une plus grande ouverture aux contrats pour écouler une partie de sa production.

### *SP3 : Systèmes mixtes d'autoconsommation et d'exportation*

Les **SP3** de **Miarinarivo** et **Malaza** présentent des similitudes en termes d'équilibre entre autoconsommation et exportation. Dans les deux territoires, environ 43,5% des céréales sont autoconsommées, tandis que les légumes sont majoritairement exportés (73% à **Miarinarivo** et 84,7% à **Malaza**). Ce modèle mixte, combinant autoconsommation et ouverture aux marchés, est une caractéristique clé des **SP3** des deux régions.

En ce qui concerne l'origine des semences, les deux systèmes se montrent très autosuffisants. À **Miarinarivo**, 71,5% des semences proviennent de l'exploitation, tandis qu'à **Malaza**, ce chiffre est de 57%, ce qui reste une proportion importante.

Les coproduits sont également gérés de manière similaire dans les deux territoires, avec une utilisation prioritaire pour l'alimentation du bétail et une faible exportation. Cela souligne l'importance de l'élevage intégré dans le système de production agricole.

Les **SP3** de Miarinarivo et Malaza se ressemblent fortement en ce qui concerne l'équilibre entre autoconsommation et exportation, l'autosuffisance en semences et l'utilisation des coproduits pour l'élevage. Malaza montre toutefois une intensification agricole légèrement plus marquée avec une utilisation plus importante de fertilisants.

#### *SP4 : Différences marquées entre Miarinarivo et Malaza*

Contrairement aux autres systèmes, le **SP4** montre des différences significatives entre Miarinarivo et Malaza. À Miarinarivo, le **SP4** est fortement orienté vers le commerce, notamment avec des contrats de vente pour les légumes (84,7% exportés). Une part importante des céréales (35%) est également autoconsommée, mais une grande proportion est exportée sous contrat (31,4%).

À Malaza, le **SP4** est beaucoup plus orienté vers l'autoconsommation. La majorité des céréales (48,1%) et des tubercules (83,5%) sont autoconsommées, avec une faible part exportée. Ce **SP4** se distingue également par une forte autonomie en semences, avec 87% provenant du ménage lui-même, contrairement à Miarinarivo, où seulement 49,6% des semences sont issues de l'exploitation.

En termes d'utilisation d'intrants, Miarinarivo affiche une intensification beaucoup plus marquée, avec 23,1 kgMB de fertilisants utilisés, contre 57,8 kgMB à Malaza, mais avec une part plus importante sous contrat à Miarinarivo. L'utilisation des produits phytosanitaires suit une tendance similaire, plus élevée à Miarinarivo.

Les **SP4** des deux territoires diffèrent profondément. À Miarinarivo, il est orienté vers le commerce et l'utilisation intensive d'intrants, tandis qu'à Malaza, il privilégie l'autoconsommation avec une forte indépendance vis-à-vis des marchés et des intrants.

S'il est possible de comparer la représentation des flux entre les différents systèmes de productions des deux territoires, il faut rappeler que l'ordre de grandeur n'est pas le même entre les deux zones. Dans l'ensemble, on remarque que les exploitations à Malaza sont plus vastes et se concentrent davantage sur les terres irriguées (SI), ce qui reflète une orientation plus intensive de la production agricole, notamment pour le riz. En revanche, à Miarinarivo, les exploitations sont plus petites, et bien que les terres irriguées jouent un rôle important, les tanety sont également utilisés de manière significative, notamment dans les systèmes orientés vers l'autoconsommation. Cela montre une différence dans l'organisation de la production, Malaza étant plus axée sur une agriculture intensive, tandis que Miarinarivo présente une agriculture plus diversifiée mais moins productive en termes de surface. À Malaza, l'intensification est plus marquée grâce à une plus grande proportion de terres irriguées, ce qui se traduit par des niveaux de production supérieurs, notamment pour les cultures exportées. À Miarinarivo, bien que la répartition entre SI et Tanety soit similaire dans certains SP, la taille des exploitations étant plus modeste, cela limite la capacité d'exportation, les productions étant principalement destinées à l'autoconsommation.

## 2-Le rôle de l'élevage

Description des catégories	SP1 (en %)	SP2 (en %)	SP3 (en %)	SP4 (en %)
Stabulation totale (VL)	100	100	96.96	100
Aucune stabulation (VL)	0	0	3.03	0
Stabulation nocturne (VL)	0	0	3.03	0
Race étrangère (VL)	0	0	33.33	0
Hybride (VL)	50	0.75	63.63	100
Race locale (VL)	0	0	3.03	0
Stabulation totale (BT)	0	0	50	0
Aucune stabulation (BT)	0	40	0	0
Stabulation nocturne (BT)	0	60	50	0
Race étrangère (BT)	0	60	20	0
Hybride (BT)	75	100	50	0
Race locale (BT)	25	0	50	0
Stabulation totale (Porcs)	100	0	100	100
Aucune stabulation (Porcs)	0	0	0	0
Stabulation nocturne (Porcs)	0	0	0	0
Race étrangère (Porcs)	0	57.14	85.71	66.7
Hybride (Porcs)	0.66	57.14	85.71	66.7
Race locale (Porcs)	0.33	42.85	14.28	33.3

*Tableau 8 : Représentation des races d'élevage et des stabulations selon les typologies à Miarinarivo*

Description des catégories	SP1 (en %)	SP2 (en %)	SP3 (en %)	SP4 (en %)
Stabulation totale (VL)	33.33	33.33	22.22	33.33
Stabulation nocturne (VL)	66.7	66.7	77.77	66.7
Race étrangère (VL)	33.33	0	22.22	27.27
Hybride (VL)	66.66	66.66	77.77	72.72
Race locale (VL)	0	0.33	0	0
Stabulation totale (BT)	100	0	100	0
Stabulation nocturne (BT)	0	0	0	0
Race étrangère (BT)	100	0	100	0
Hybride (BT)	100	0	0	88.88
Race locale (BT)	0	0	0	11.11
Stabulation totale (Porcs)	100	0	100	100
Stabulation nocturne (Porcs)	0	0	0	0
Race étrangère (Porcs)	0	0	5.55	5.55
Hybride (Porcs)	0	0	5.55	5.55
Race locale (Porcs)	0.33	0	0	88.88

*Tableau 9 : Représentation des races d'élevage et des stabulations selon les typologies à Malaza*

L'élevage joue un rôle dans l'organisation des flux de biomasse. Les tableaux 7 et 8 montrent À **Miarinarivo**, la **stabulation** des animaux joue un rôle important dans la gestion des flux alimentaires et la production de fumier. Dans les systèmes où la stabulation est partielle, comme dans les **SP1** et **SP3**, les animaux, en particulier les **bovins laitiers** et les **porcs**, dépendent

largement des **coproduits** agricoles pour leur alimentation, bien qu'une partie de leur nourriture puisse provenir du pâturage. Les coproduits utilisés pour l'alimentation animale sont significatifs, avec des quantités de **967 kgMB** dans le **SP1** et **709 kgMB** dans le **SP3**. Ces systèmes équilibrent l'utilisation des coproduits avec les rendements agricoles, en exportant des légumes et des tubercules, tout en utilisant une partie des terres pour l'autoconsommation. Le lien entre stabulation et rendement est indirect, car bien que la stabulation contribue à la production de fumier, les surfaces irriguées limitées réduisent son impact sur l'augmentation des rendements agricoles. Dans le **SP4**, où la stabulation est totale, la quantité de coproduits utilisée pour l'alimentation animale est moindre, malgré la présence d'un cheptel important, car les coproduits sont prioritairement utilisés pour la combustion, limitant ainsi l'effet positif du fumier sur les cultures.

À **Malaza**, la **stabulation permanente** est plus fréquente, notamment dans les **SP1** et **SP3**, où les **bovins laitiers** et les **porcs** sont entièrement en stabulation. Cela implique une forte dépendance aux **coproduits** pour l'alimentation animale, avec des quantités utilisées similaires à celles de Miarinarivo : **967 kgMB** pour le **SP1** et **709 kgMB** pour le **SP3**. La stabulation totale permet une production continue de **fumier**, qui, combinée à des surfaces irriguées plus importantes, contribue directement à l'augmentation des **rendements agricoles**, en particulier pour les céréales et les tubercules destinés à l'exportation. Le **SP4** montre également une stabulation totale, mais comme à Miarinarivo, la quantité de coproduits utilisée pour l'alimentation est limitée (280 kgMB), car ces flux sont prioritairement dirigés vers d'autres usages comme la combustion. Ainsi, à Malaza, la combinaison de la stabulation et des grandes surfaces irriguées permet une intensification agricole plus marquée qu'à Miarinarivo, favorisant des rendements supérieurs, particulièrement dans les systèmes orientés vers l'exportation des cultures.

Il existe un lien fort entre l'utilisation des races hybrides ou étrangères et la stabulation. Les races hybrides et étrangères nécessitent souvent un environnement plus contrôlé, assuré par la stabulation, pour optimiser leur productivité. La stabulation permanente permet de mieux gérer l'alimentation et les conditions de vie de ces races, garantissant ainsi qu'elles atteignent leur plein potentiel de production. Les SP qui utilisent ces races montrent donc une plus grande dépendance à la stabulation par rapport aux SP qui se concentrent sur des races locales, mieux adaptées aux conditions naturelles et moins exigeantes en termes de soins et de gestion alimentaire.

Concernant la pisciculture, les exploitants tendent à se regrouper en associations, toujours au sein de l'ilot à Miarinarivo plus qu'à Malaza. Cela peut s'expliquer par une présence plus importante de la pisciculture à Malaza ainsi qu'une meilleure maîtrise, les conditions le permettant. La pisciculture se fait quasi-exclusivement en rizipisciculture et une grande partie est vendue à Betafo, plus en complément financier qu'alimentaire.

### 3- La diversité des typologies

2 types de typologie ont été réalisés dans chacun des territoires. Celle de cette étude est une typologie structurelle, la deuxième est une typologie par dires d'acteurs issues d'un atelier participatif (Tableau 9 et Tableau 10). En comparant les deux types de typologies, il est possible d'observer les ressemblances.

Typologie	1	2	3	4	5	6
Surface agricole : Tanety	>10 H <sub>i</sub> ou 20 ares			<10 H <sub>i</sub> ou 20 ares		
Surface agricole : Rizière	>6KV ou 12 ares		<6KV ou 12 ares		<6KV ou 12 ares	
Revenu non agricole	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Elevage	Porc : 2 Bœuf de trait: 2 Vache (Race zafindraony): 2 à 3	Porc : 1 Bœuf de trait: 2 Vache (Race zafindraony): 1	Porc : 2 (Truie)	Porc : 1	Porc : 1	Volaille : moins de 3 poules
Récolte	Suffisant	Suffisant	Insuffisant	Insuffisant	Insuffisant	Insuffisant
Matériels agricoles	Angady, Sarcluse Charrette Charrue Herse	Angady, Sarcluse Charrette	Angady, Sarcluse	Angady	Angady	Angady
Pourcentage (%)	5	8	15	5	7	60
Observation				-Salarial agricole	-Salarial agricole -Petit commerce	-Salarial agricole

Tableau 10 : Typologies par dires d'acteurs à Miarinarivo

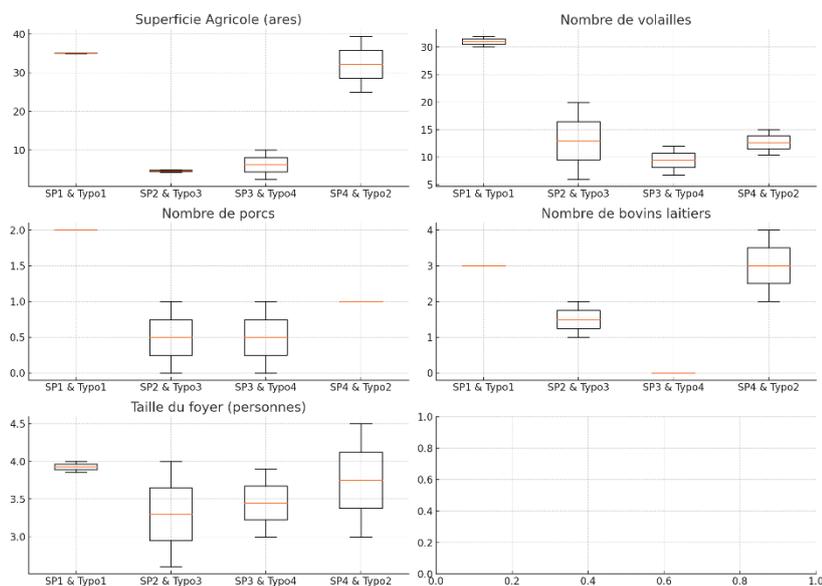
Type d'exploitations	Grande exploitation	Moyenne exploitations (1)	Moyenne exploitation (2)	Petite exploitation (1)	Petite exploitation (2)
Pourcentage (%)	5	60	15	5	15
Nombre de personnes	5	5	4	4	Plus de 6
Surface cultivée (are)	200	100	100	50	50
Elevage	-Vache (Race laitière) : 3 à plus de 5 têtes -Bœuf de trait: 4 Porc -Poulet	-Vache (Race locale) : 1 à 2 têtes (revenu journalier) -Elevage de porc (Naisseur et/ou engraisseur : Epargne) -Poulet	-Bœuf de trait (2) -Porc (Petite échelle) -Poulet	-Poulet -Veau (1)	-Poulet
Matériels agricoles	Presque tout : Angady, charrette, charrue, herse	Outils manuels Pas d'outil à traction animale	Charrette et outils manuels	Outils manuels Pas d'outil à traction animale	Outil manuel (Angady) Pas d'outil à traction animale
Activités non agricoles	Commerce, Collecteur	Petit commerce, petit collecteur, Intermédiaire (démarcheur de produit agricole)	Petit commerce	Salarial agricole, Intermédiaire (démarcheur de bovin)	Salarial agricole

Tableau 11 : Typologies par dires d'acteurs à Malaza

## Miarinarivo

Une comparaison est possible sur certains paramètres comme la SAU des catégories, le nombre de porcs, le nombre de bovins laitiers et la taille du ménage. Certaines catégories se regroupent alors (Figure 11). Les groupes **SP1/Typo1** et **SP4/Typo2** se ressemblent beaucoup : ils ont des grandes exploitations agricoles, un nombre plus élevé d'animaux, en particulier les bovins pour **SP4/Typo2**, et des foyers relativement grands. Ces catégories peuvent représenter des agriculteurs plus prospères ou plus établis, avec une capacité de production supérieure.

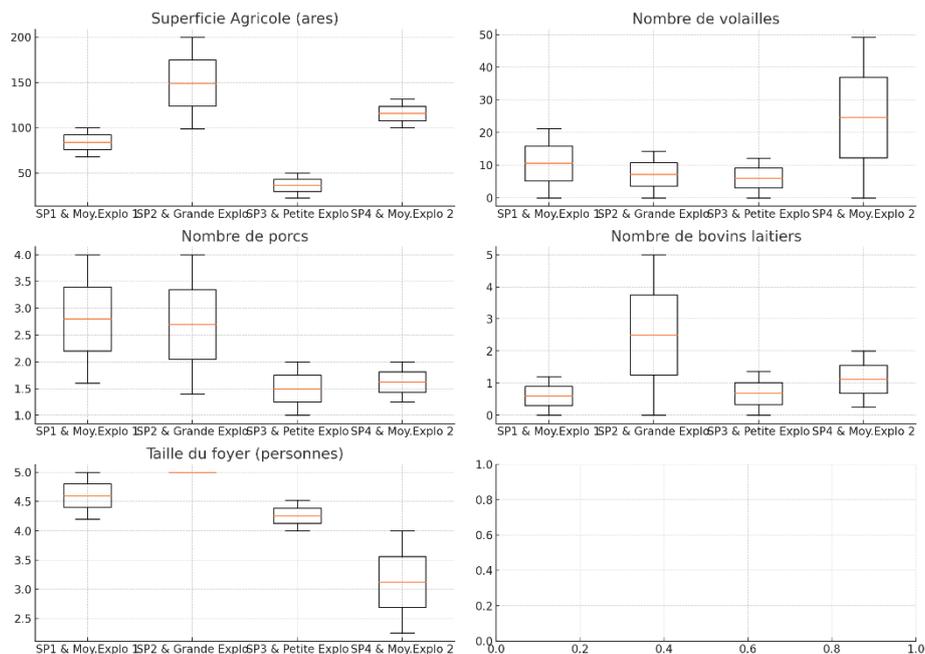
À l'opposé, **SP2/Typo3** et **SP3/Typo4** sont des groupes avec des superficies agricoles plus petites, des foyers plus petits, et des élevages plus modestes. Ces catégories pourraient représenter des exploitations plus vulnérables ou moins diversifiées en termes de production animale.



*Figure 9 : Analyse des catégories communes entre les différentes typologies à Miarinarivo*

Les catégories de la typologie structurelle semblent montrer plus de variabilité dans des aspects comme l'élevage de volailles, tandis que celles de la typologie par dires d'acteurs sont plus homogènes dans la plupart des dimensions analysées, notamment en ce qui concerne la superficie et les bovins. En conclusion, bien que les **SP** et leurs **typologies associées** présentent des similitudes en termes de superficie agricole et de taille de foyer, des différences importantes apparaissent dans les pratiques d'élevage, notamment pour les volailles et les bovins laitiers. Cela peut s'expliquer par le fait que la typologie par dires d'acteurs est plus qualitative où on cherchera à avoir une moyenne par catégories selon un point de vue et les ressentis.

L'analyse de Malaza selon les deux typologies tend à montrer des catégories qui se ressemblent (Figure 12) avec comme associations les plus proches sont **SP3 & Petite exploitation** et **SP1 & Moyenne exploitation 1**, qui partagent de nombreuses similarités dans la gestion des terres et des ressources. Les SP2 et SP4 peuvent s'associer à Moyenne exploitation 2 sur l'aspect structurel en raison des similarités dans plusieurs aspects comme la **superficie agricole**, la **taille du foyer**, et certaines pratiques d'élevage (porcs, bovins laitiers).



*Figure 10 : Analyse des catégories communes entre les différentes typologies à Malaza*

Cette analyse révèle des ressemblances intéressantes entre les **SP** et les exploitations associées, notamment pour la **superficie agricole** et la **taille du foyer**. Cependant, l'élevage (notamment des volailles et des porcs) reste une distinction majeure, où les **SP** se différencient fortement des exploitations typiques.

Il est à noter l'aspect plus qualitatif de la typologie par dire d'acteurs qui aborde de manière plus directe et naturelle les aspects socio-économiques comme le travail, les revenus ou le matériel. Néanmoins, il peut être intéressant de corrélérer ces deux résultats afin de confirmer la pertinence et l'association de ces deux techniques.

#### 4- Limite méthodologiques

L'étude comporte quelques limites méthodologiques qu'il faut mentionner.

La première est la pertinence des données par dires d'acteurs. Comme mentionné précédemment (cf Matériel et méthodes), il a fallu convertir et uniformiser les informations données par les enquêtés, notamment pour les données quantitatives. Même s'il a été plus simple pour eux de les donner selon leurs modalités, il est possible que des différences soient restées, même après conversion et uniformisation.

Aussi, les données récoltées peuvent présenter certaines limites. Il est possible que des données aient pu influencer une variabilité dans les différentes typologies. Si un travail a été fait, certaines différences ont pu rester, pouvant surinterpréter certains résultats. Des choix ont été faits dans les données à analyser. Ils ont pu influencer les résultats.

Enfin, le projet s'articule autour de plusieurs workpackage (WP), chacun travaillant sur une partie spécifique. Cette étude a été menée dans le WP4, portant sur le métabolisme territorial. Or, les autres WP travaillent sur des données complémentaires au WP4 et qui sont en cours d'acquisition. Elles serviront à alimenter ce travail sur le métabolisme, afin de travailler sur d'autres variables, non prises en compte ici.

## V- Conclusion

Cette étude a démontré la diversité des flux et leur organisation dans les deux territoires. Elle a révélé l'intensité des usages de la biomasse sous toutes leurs formes, ainsi que la diversité des stratégies à l'échelle de l'exploitation et du territoire. En effet, toute la biomasse produite trouve une utilisation dans la consommation des ménages, la vente sur les marchés, l'élevage, la consommation d'énergie ou la gestion de la fertilité. Ceci participe grandement à l'autonomie du territoire. Mais cela peut aussi conduire à une concurrence dans les usages, et à des déséquilibres à l'échelle du territoire. L'intégration agriculture-élevage apparaît comme une composante centrale dans la gestion de la circularité des flux, bien que les pratiques et l'organisation des systèmes varient considérablement d'une exploitation à l'autre, en fonction de la typologie des sols, des structures d'exploitation et des moyens disponibles. Cette diversité illustre à la fois les opportunités et les contraintes liées aux systèmes de production actuels des typologies.

Un travail plus qualitatif permettrait de s'intéresser à l'origine de ces flux et la compréhension de ces derniers. Cela permettra sans aucun doute une compréhension plus fine du métabolisme territorial et donc d'apporter des réponses précises et individuelles.

## Bibliographie :

**Ahmim-Richard A., Bodoy A., Penot E.,** 2010. Caractérisation et typologie des exploitations agricoles dans le Vakinankaratra et l'Amoron'i Mania, Madagascar : Document de travail BV lac n°25. collection BVPI/SCRiD/FOFIFA/TAFA. Paris : AFD, 49 p.

**ALVAREZ S.,** 2012. Pratiques de gestion de la biomasse au sein des exploitations familiales d'agriculture-élevage des hauts plateaux de Madagascar : conséquences sur la durabilité des systèmes. Thèse pour l'obtention du titre de Docteur, Montpellier SupAgro. 224p.

**BARLES S.,** 2009. Urban Metabolism of Paris and its Region, *Journal of Industrial Ecology* 13(6), 2009, p. 898-913

**Bélières J-F., Lançon F.** 2020. Étude diagnostic relative au potentiel de croissance de la chaîne de valeur lait et produits dérivés (Hautes Terres - Madagascar). Antananarivo : CIRAD-casef, 97 p.

**Bentz B., Oswald M.,** 2010. Rôles respectifs des institutions nationales et des groupes d'exploitants dans la mise au point d'une innovation permettant aux petits producteurs de pratiquer la reproduction de carpes dans leur rizière à Betafo (Madagascar). ISDA 2010, Jun 2010, Montpellier, France. 13 p. fhal-00522795f

**BIED-CHARRETON M.,** 1970. Contrastes naturels et diversité agraire aux environs de Betafo (Madagascar). *Etudes rurales*, n°37-39, pp 378-396.

**BOUAYAD-AGUA M., CLEMENT J., GUILLAUME J.,** 1995. Gestion sociale de l'eau sur les réseaux d'irrigation traditionnels – Région de Betafo – Vakinankaratra – Madagascar. Mémoire de fin d'études, Montpellier, ENS/CNEARC, 165p.

**Dupuy S.,** 2023, Fiche descriptive de la production des cartes d'occupation du sol 2022-2023 à Madagascar dans le cadre du projet DINAAMICC, Montpellier France, 16 p.

**FAO,** 2018. The 10 elements of agroecology guiding the transition to sustainable food and agricultural systems. Available online: [www.fao.org/agroecology](http://www.fao.org/agroecology) (consulted 08/09/2024)

**FAOSTAT,** 2023. Selected indicators for the country of Madagascar, [online] <https://www.fao.org/faostat/en/#country/129>, consulted 19/09/2024.

**Garruchet V., Bosc P-M., Mialet-Serra I.,** 2023. L'Agriculture à Madagascar : évolution, chiffres clés et défis. Saint-Denis : PRéRAD-OI, 88 p.

**GRILLOT M., RUAULT J-F., TORRE A., et al.,** 2021. Le proto-métabolisme : approche du fonctionnement bioéconomique d'un territoire agricole. *Société française d'économie rurale, Economie rurale*, 2021-2022, n°376, pp. 55-75.

**HLPE Report** 2019 - Agroecological and other innovative approaches

**Hooker M., 2023.** Characterisation of the metabolism of two rural territories in Madagascar: case of the Fokontanys of Miarinarivo and Malaza, district of Betafo. *Life Sciences [q-bio]*. ffdumas0426041

**KLEINPETER V., ALVANITAKIS M., VIGNE M., et al., 2023.** Assessing the roles of crops and livestock in nutrient circularity and use efficiency in the agri-food-waste system: a set of indicators applied to an isolated tropical island. Elsevier. DOI: 10.1016/j.resconrec.2022.106663

**MODOTTI M., 2013.** Le métabolisme territorial. Travail de recherche bibliographique, M1 Espaces Ressources Milieux, AgroParisTech. 65p

**Ramarovahoaka N., Vigne M., Fanjaniaina Marie L., Randrianarisoa Anjaniaina V., Nivonirina Nora Amédia, Andriamananjara A., Salgado P., Stark F., Shandor, Rafolisy Tovonarivo, Becquer T., 2023.** Relations entre structure des exploitations et gestion des effluents d'élevage sur les Hautes Terres de Madagascar. *Cahiers Agricultures*, 32:20, 9 p.

**RGPH, 2018.** RÉSULTATS GLOBAUX DU RECENSEMENT GÉNÉRAL DE LA POPULATION ET DE L'HABITATION DE 2018 DE MADAGASCAR (RGPH-3)

**SOURISSEAU J-M., RASOLOFO P., BELIERES J-F., et al., 2016.** Diagnostic territorial de la région du Vakinankaratra à Madagascar. Prospective territoriale sur les dynamiques démographiques et le développement rural en Afrique subsaharienne et à Madagascar, étude pour le compte de l'AFD.

**Stark Fabien Shandor, Salgado Paulo, Alvarez Stéphanie, Aubron Claire, Benagabou Ida, Blanchard Melanie, Grillot Myriam, Plassin Sophie, Pocard-Chapuis René, Vayssières Jonathan, Vigne Mathieu. 2022.** La recherche d'efficience pour accompagner la transition agroécologique des systèmes d'élevage. In : Élevages au pâturage et développement durable des territoires méditerranéens et tropicaux. Connaissances récentes sur leurs atouts et faiblesses. Ickowicz Alexandre (ed.), Moulin Charles-Henri (ed.). Versailles : Ed. Quae, 104-120. (Matière à débattre et décider) ISBN 978-2-7592-3485-1

## Annexe 1 : Tableaux description des pôles dans la catégorisation de biomasses

### Ménages - Ilot :

Provenances (Abréviation)	Provenances (Nom complet)
API	Achat paysan de l'ilot
AEI	Achat éleveur de l'ilot
APHI	Achat paysan hors ilot
AI	Achat ilot

### Ménages - Fokontany :

Provenances (Abréviation)	Provenances (Nom complet)
AP	Autoproduction
APF	Achat paysan du fokontany
AEBF	Achat éleveur dans fokontany
AF	Achat fokontany

### Ménages - Hors du Fokontany :

Provenances (Abréviation)	Provenances (Nom complet)
APHF	Achat paysan hors fokontany
AHF	Achat hors fokontany
AEAI	Achat éleveur alevin dans l'ilot
AFH	Achat famille fokontany
EEBHF	Echange éleveur bovin hors fokontany

### Provenances - Revendeurs et Espaces Naturels (Commune) :

Provenances (Abréviation)	Provenances (Nom complet)
EPI	Echange paysan de l'ilot
RVI	Revendeur dans l'ilot
EI	Echange éleveur de l'ilot
VF	Revendeur du fokontany
EPF	Echange paysan du fokontany
EVPI	Echange variété avec paysan de l'ilot
RP	Ramassage sur parcelles
RB	Ramassage sur bords de champs
PatP	Pâturage sur parcelles
DF	Décortiqueur dans le fokontany
RF	Ramassage dans le fokontany
EPHF	Echange paysan hors fokontany
VHF	Revendeur hors fokontany
RHF	Ramassage hors fokontany
PHF	Pâturage hors fokontany
DHF	Décortiqueur hors fokontany
Leucofruit	Leucofruit
RBDR	Revendeur bord de route (hors fokontany)
EVPH	Echange variété avec paysan hors fokontany
RN	Ramassage espaces naturels
PatB	Pâturage sur bords de champs
PatN	Pâturage sur espaces naturels

### Destinations - Ménages :

#### Ménages - Ilot :

Destinations (Abréviation)	Destinations (Nom complet)
VPI	Vente paysan de l'ilot
VI	Vente dans l'ilot

#### Ménages - Fokontany :

Destinations (Abréviation)	Destinations (Nom complet)
AC	Autoconsommation humaine
EB	Autoconsommation élevage bovin
EP	Autoconsommation élevage porcin
AF	Achat famille

#### Ménages - Hors du Fokontany :

Destinations (Abréviation)	Destinations (Nom complet)
MO	Autoconsommation pour la production de matières organiques fertilisantes
VPHF	Vente paysan hors fokontany
EPHF	Echange paysan hors fokontany
EEBHF	Echange éleveur bovin hors fokontany
VEBHF	Vente éleveur bovin hors fokontany
EV	Autoconsommation élevage volailles
DF	Don famille
EC	Alimentation ovin

### Destinations - Revendeurs et Espaces Naturels (Commune) :

Destinations (Abréviation)	Destinations (Nom complet)
EPI	Echange paysan de l'ilot
EEBI	Echange éleveur de l'ilot
VEBI	Vente éleveur de l'ilot
RI	Revendeur ilot
VPF	Vente paysan du fokontany
EPF	Echange paysan du fokontany
EEBF	Echange éleveur bovin du fokontany
VEBF	Vente éleveur bovin du fokontany
CF	Collecteur dans le fokontany
PCF	Pré-collecteur dans le fokontany
RF	Revendeur dans le fokontany
VF	Vente fokontany
RHF	Revendeur hors fokontany (vient dans le fokontany mais n'en est pas originaire)
VHF	Vente hors fokontany
VBDR	Vente bord de route
AT	Alimentation travailleurs
VEHF	Vente éleveur hors fokontany
PCHF	Pré-collecteur venant de hors fokontany
CHF	Collecteur hors fokontany
P	Propriétaire parcelle
C	Combustible
T	Transformation supplémentaire
S	Semences
LF	Leucofruit
Ant	Antskabe
ET	Echange contre travail

## Annexe 2 : Guide commun d'enquête

ID d'enquêté :

Date :

Fokontany :

Enquêteurs (Nom/prénom):

Téléphone :

Coordonnées GPS domicile (prendre avec le portable) :

### 1- Informations générales du chef d'exploitation

1.1 Nom :

1.2 Prénom :

1.3 Age :

1.4 Genre :

1.5 Ilot du domicile (Utiliser les plans de Marie si besoin de clarifier la localisation du ménage carte en annexe) :

### Démographie du ménage

	1.6		1.7 Travail sur l'exploitation (Oui/Non)	Observations (principaux types de travail réalisés, autres...)
	Nombre	Genre(H/F)		
-15 ans				
+15 ans				
Personnes âgées (à charge)				

1.8 Est-ce que vous employé de la main-d'œuvre extérieure ? (Oui/Non)  entraide  salarié journalier

Commentaires :

**1.9 Niveau de formation du chef d'exploitation<sup>1</sup> :**  Illettré  CPE  Collège/Lycée  Université  Autres (préciser formations professionnelles):

Commentaires :

**1.10 Niveau de formation du conjoint(e) :**  Illettré  CPE  Collège/Lycée  Université  Autres (préciser formations professionnelles)

Commentaires :

## 2- Travail hors exploitation

**2.1 ; 2.2 ; 2.3 Activités réalisées par le chef d'exploitation et conjoint(e) : Oui/Non**

Prestation de service agricole rémunéré (aide aux champs, prêt de matériel, attelage, charrette, autre)

Prestation de service hors agricole rémunéré (point de recharge électrique, collecteur, intermédiaire, transporteur, démarcheur, petit commerce/revendeur, autre)

Artisanat destiné à la vente et petit commerce (préciser : forgeron, décortiqueur, menuisier, etc.)

Activité de transfert d'argent<sup>2</sup> (si oui, préciser)

Reçoit des indemnités pour des travaux non-agricoles (préciser : agent communautaire, responsable d'OP, autres)

Reçoit des rémunérations fixes mensuelles pour des travaux non-agricoles (préciser : fonctionnaire, enseignant, délégué, autres)

---

<sup>1</sup> Les options ne sont pas exclusives – un même enquêter peut avoir suivi CPE, Collège/Lycée et Autres formations

<sup>2</sup> Toutes activités où l'enquêter va s'occuper de micro-crédit, de virement par téléphone, etc...

### 3- Caractéristiques de l'exploitation

Quelles sont vos surfaces en Tanety (pluviale)<sup>3</sup> ? (on collecte l'unité qu'il nous dit, après on fait la conversion)

Dans le Fokontany	3.1 en propriété (titré OUI/NON)	3.2 en fermage (nature de la contrepartie)
Hors du Fokontany	3.3 en propriété titré (OUI/NON)	3.4 en fermage (nature de la contrepartie)

Quelles sont vos surfaces irriguées ?

Dans le Fokontany	3.5 en propriété titré (OUI/NON)	3.6 en fermage (nature de la contrepartie)
Hors du Fokontany	3.7 en propriété titré (OUI/NON)	3.8 en fermage (nature de la contrepartie)

<sup>3</sup> Les surfaces peuvent être exprimées en ares ou en mesure locale (1 homme jour pour labourer les Tanety = 2 ares / 1 "Ketsy Firy Vavy" ou combien de femmes pour planter sur une rizière = 2 ares)

--	--	--

**Exploitation de surfaces de bois ?**

Dans le Fokontany	3.9 en propriété titré (OUI/NON)	3.10 en fermage (ou autre) nature de la contrepartie
Hors du fokontany	3.11 en propriété titré (OUI/NON)	3.12 en fermage (ou autre) nature de la contrepartie

**4- Production animale**

**Quelles productions animales dans l'exploitation ?**

Production	Nombre d'animaux à l'année	Combien consommée	Observations
Laitier	4.1		
Animaux de trait	4.2		

Porcs	4.3		
Poulets	4.4		
Oies/canards	4.5		
Lapin	4.6		
4.7 Pisciculture	4.8 Quantité/KG ?		

### 5- Matériel et outils agricoles en propriété

Nombre du matériel agricole de traction animale :

5.1 Charrette :

5.2 Charrue :

5.3 Herse :

5.4 Petits outils:

5.5 Autre :

Nombre d'outils :

5.6 Angady :

5.7 Sarcleuse :

5.8 Pulvérisateur :

5.9 Petits outils:

5.10 Autre:

## 6- Energie

6.1 ; 6.2 ; 6.3 Quelle source d'énergie utilise le ménage et l'utilisation :

Bois  Charbon  Gaz  Pétrole lampant  Balle de riz  Balle de riz  Tiges de plantes cultivés  Autres :

6.4 Possédez-vous un panneau solaire

Panneau solaire (préciser l'utilisation : lumière, radio, téléphone, télévision, autre)

6.5 Utilisez-vous un appareil avec un moteur nécessitant du carburant ?

Carburant (préciser l'utilisation : moto groupe électrogène, autre)

6.6 Quantité de carburant utilisé :

## 7- Alimentation humaine

7.1 Etes-vous auto-suffisant en riz ? Oui / Non/ça dépend (préciser)

7.2 Est-ce que vous vendez ? Oui / Non/ça dépend (préciser)

7.3 Est-ce que vous achetez ? Oui / Non/ça dépend (préciser)

### Annexe 3 : Guide d'enquête sur le métabolisme territorial

**ID d'enquêté :**  
**(Nom/prénom) :**

**Date :**

**Fokontany et ilot :**

**Enquêteur**

**Téléphone :**

**Coordonnées GPS domicile (prendre avec le portable) :**

**Accès charrette : Oui/Non**

Rapide description du ménage avec les informations déjà récoltées :

#### **1- Gestion parcellaire, rendements et stockage**

Tableau par système cultural (SC) :

	Saison des pluies	Contre-saison	Saison sèche
Calendrier			
Semences <i>(Origines et quantités)</i>			
Fertilisation organique <b>(1)</b> <i>(Type, origine, quantités)</i>			
Fertilisation minérale <i>(Type, origine, quantités)</i>			
Produits phytosanitaires <b>(2)</b> <i>(Origine, quantités)</i>			
Biopesticides (Ady Gasy) <i>(Quantités)</i>			
Produits Quantités et destinations <i>(Auto-conso et ventes)</i>			

Co-produits <i>(Usages et ventes)</i>			
Stockage PV <b>(3)</b> <i>(Temps de stockage)</i>			

A qui achetez-vous vos produits phytosanitaires ?

Revendeur

Marché

Coopérative

Autres : .....

A qui achetez-vous vos semences (hors du fokontany ou non) ?

**Transformation matières biopesticides :**

Fréquence de production :

Composition	Qtité ajoutée/unité de temps	Provenance

## 2- Caractéristiques du cheptel présent

Numéro enquêté (ID) :

### Bœufs traits

Nombres	Race <i>(Taux de croisement ou pur)</i>	Propriété	Fonctions	Stabulation et divagation <i>(Temps, période, jour/nuit)</i>	Type de logement <i>(Selon saison)</i>

Composition litière	Fréquence raclage	Quantité raclée	Quantité vendue	Quantité ajoutée/Unité de temps	Provenance

\*Demander à quelle période selon cultures, sur les parcelles personnelles ou non et si ramassage des excréments.

### Caractéristiques du cheptel présent

Numéro enquêté (ID) :

VL :

Nombres	Race <i>(Taux de croisement ou pur)</i>	Propriété	Fonctions	Stabulation et divagation <i>(Temps, période, jour/nuit)</i>	Type de logement <i>(Selon saison)</i>

Composition Litière	Fréquence raclage	Quantité raclée	Quantité vendue	Quantité ajoutée/Unité de temps	Provenance

\*Demander à quelle période selon cultures, sur les parcelles personnelles ou non et si ramassage des excréments.

### Caractéristiques du cheptel présent

Numéro enquêté (ID) :

Autres bovins :

Nombres	Race <i>(Taux de croisement ou pur)</i>	Propriété	Fonctions	Stabulation et divagation <i>(Temps, période, jour/nuit)</i>	Type de logement <i>(Selon saison)</i>

Composition litière	Fréquence raclage	Quantité raclée	Quantité vendue	Quantité ajoutée/Unité de temps	Provenance

\*Demander à quelle période selon cultures, sur les parcelles personnelles ou non et si ramassage des excréments.

### Caractéristiques du cheptel présent

Numéro enquêté (ID) :

Porcs en engraissement :

Nombres	Race <i>(Taux de croisement ou pur)</i>	Propriété	Fonctions	Stabulation et divagation <i>(Temps, période, jour/nuit)</i>	Type de logement <i>(Selon saison)</i>

Composition litières	Fréquence raclage	Quantité raclée	Quantité vendue	Quantité ajoutée/Unité de temps	Provenance

Combien de temps dure l'engraissement ?

### Caractéristiques du cheptel présent

Numéro enquêté (ID) :

Truies et porcelets :

Nombres	Race <i>(Taux de croisement ou pur)</i>	Propriété	Fonctions	Stabulation et divagation <i>(Temps, période, jour/nuit)</i>	Type de logement <i>(Selon saison)</i>

Composition litières	Fréquence raclage	Quantité raclée	Quantité vendue	Quantité ajoutée/Unité de temps	Provenance

\*Demander à quelle période selon cultures, sur les parcelles personnelles ou non et si ramassage des excréments.

### Caractéristiques du cheptel présent

Numéro enquêté (ID) :

**Poulets, poussins et canards :**

Nombres	Race <i>(Taux de croisement ou pur)</i>	Propriété	Fonctions	Stabulation et divagation <i>(Temps, période, jour/nuit)</i>	Type de logement <i>(Selon saison)</i>

Composition litière	Fréquence raclage	Quantité raclée	Quantité vendue	Quantité ajoutée/Unité de temps	Provenance

### Caractéristiques du cheptel présent

Numéro enquêté (ID) :

### Pisciculture et rizi-pisciculture :

Quantités produites (et usages)	Nombres d'alevins (par période) Et ventes des alevins	Alimentation (Fréquence, type de fertilisation)	Fertilisation (Quantités, quoi, origine)

Type de parcelle (Rizière, étang, propriété, métayage)	Transport	Vente (Fréquence, période, lieu, à qui, quantités, intermédiaires)

Matériel piscicole :

Epuisette :

Filet :

Hapa :

Disquette de secchi (fertilité eau) :

### 3- Récolte et/ou stockage matières solides

#### 3.1- Récolte de la fumure

Type de fumure	Quantité utilisée	Origine (4)	En achetez-vous ?	A qui ?	En exportez-vous ?	A qui ?

Quantité de fumier utilisée sur l'exploitation (par parcelle et cultures) :

#### 3.2- Stockage de la MO

#### Transformation matières solides (fumiers, compost) :

Type de transformation <i>(Lombricompost, fumier)</i>	Composition	Quantité ajoutée/Unité de temps	Provenance	Date d'ajout <i>(Rapport au premier jour de stockage)</i>



## Annexe 4 : Unités de conversion (Tirés des travaux de Hooker M., 2023)

### Estimation des quantités – Unités agricoles

Pour estimer les quantités, plusieurs unités utilisées par les agriculteurs ont été employées. Elles peuvent être assimilées à leur volume, comme estimé dans le tableau ci-dessous. Le volume varie en fonction du type de produit, et le poids varie encore davantage. Ce tableau n'est donné qu'à titre indicatif, mais les unités utilisées en pratique peuvent varier en fonction des sources d'informations spécifiques collectées sur le type de biomasse (enquêtes, pesées, littérature).

### Plage de conversion utilisée pour différents types de produits

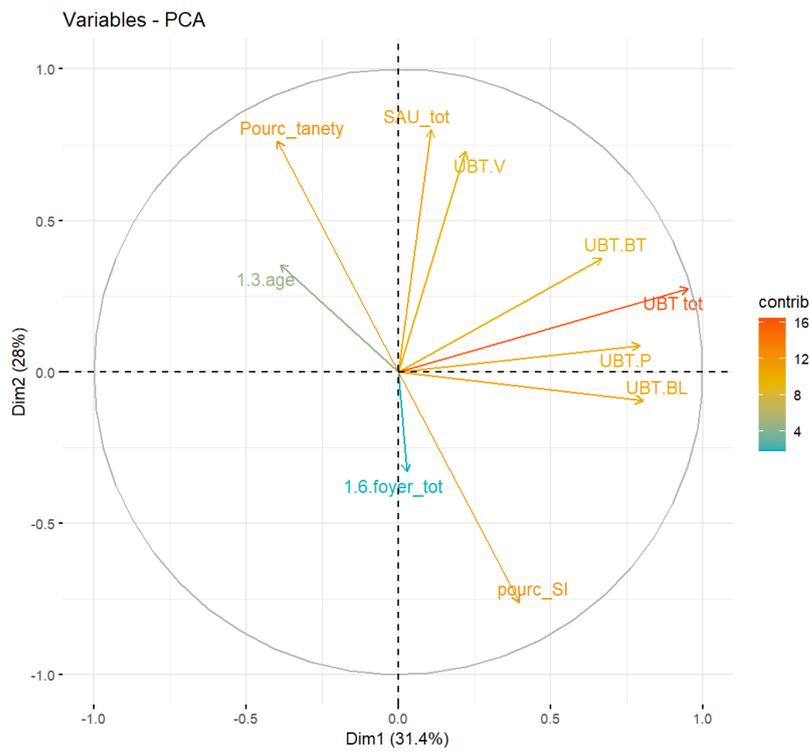
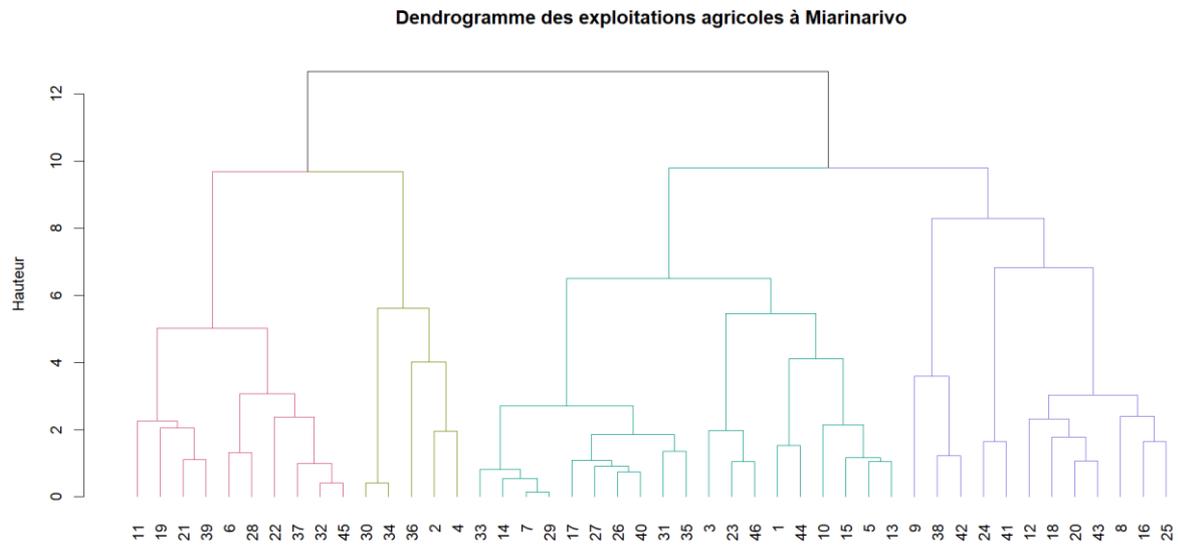
Plage de conversion utilisée pour différents types de produits

Unité de l'agriculteur	Volume	Variabilité	Semences de légumineuses (kg)	Petites graines (kg)	Légumes secs (kg)	Grains secs (kg)	Paille (kg)	Herbe verte (kg)	Racines (kg)	Tubercules (kg)	Aliments pour bétail (kg)	Fumier (kg)
Sac 50 kg	bas	élevé	21 - 35	30 - 49	11 - 30	-	-	11 - 30	-	9	50	2.5
Sac 250 kg	haut	élevé	-	-	-	-	-	-	-	45	-	10 - 20
Sobika	bas	élevé	1.9 - 6.1	14 - 20	4 - 9	-	0.9	-	4.9	3	1.5	0.375
Cantine	bas	faible	-	-	-	1.3	-	-	-	1.3	-	-
Kapoaka	bas	moyen	0.22	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-
Entana	élevé	variable	-	-	-	-	-	-	-	50 - 75	5	250 - 375
Charrette	élevée	élevé	-	-	-	400	-	166 - 270	-	130 - 170	250 - 300	-
Litre	bas	faible	-	-	-	1	0.4	-	-	-	-	0.7 - 0.9

- **Sacs** : Les sacs peuvent être de n'importe quelle taille, mais en fonction du produit dont parle l'agriculteur, cela fait généralement référence à un sac de taille similaire (petits sacs pour couper et transporter, grands sacs pour le riz paddy, etc.).
- **Sac de 50 kg** : Sac initialement utilisé pour 50 kg d'aliments pour animaux.
- **Sac de 250 kg** : Sac utilisé pour contenir 250 kg de riz blanc, généralement utilisé pour vendre des produits.
- **Cantine** : Unité agricole qui contient 4 kg de riz paddy.
- **Sobika** : Panier en osier utilisé pour transporter des produits, disponible en différentes tailles.
- **Kapoaka** : Mesure de 220 mL utilisée pour vendre des céréales.
- **Entana** : Unité pour le montant d'un produit que l'on peut porter sur la tête. Cela varie selon le type de produit.
- **Charrette** : Transporte des volumes et des poids variables de produits, en fonction du produit et s'il est conditionné en sacs ou non.
- **Botte** : Une poignée de paille ou d'herbe.

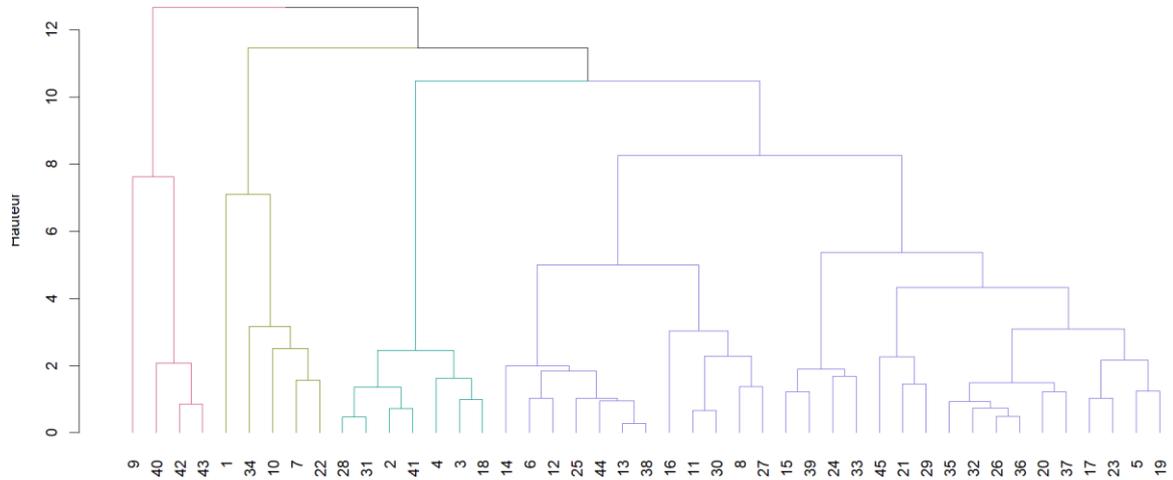
# Annexe 5 : Typologies structurelles

## Typologie de Miarinarivo :

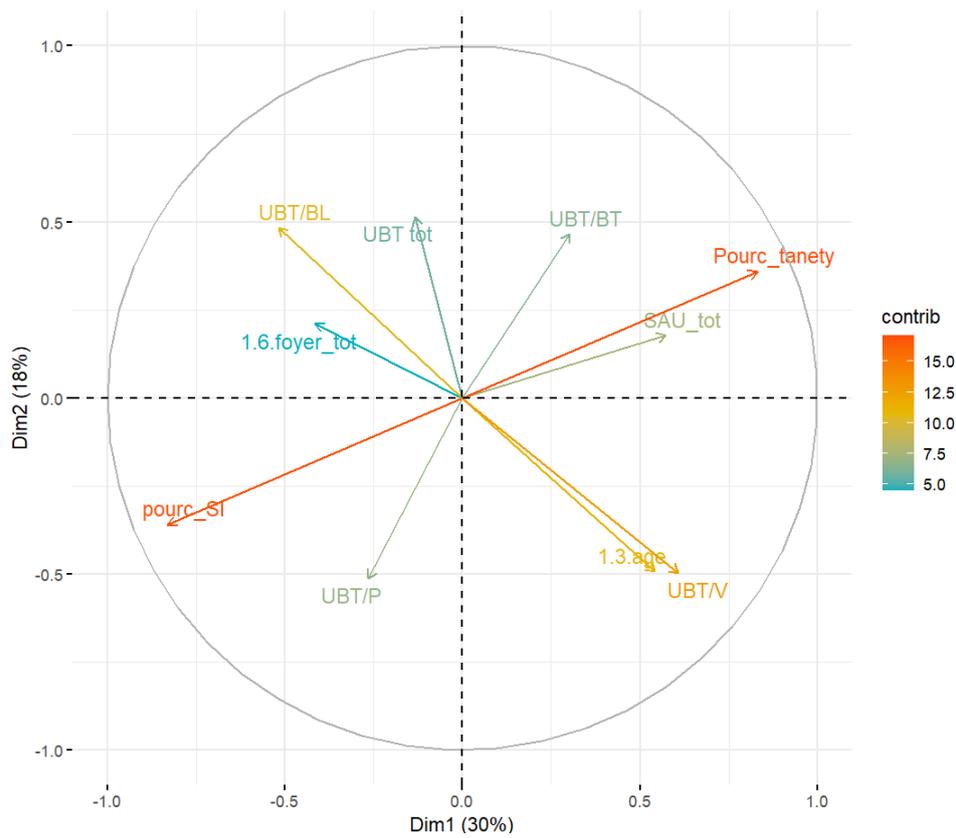


# Typologie Malaza

Dendrogramme des exploitations agricoles à Malaza



Variables - PCA





**Liste des îlots dans les fokontanys (en écriture manuscrite noire sur les cartes)**

Miarinarivo (îlots)	Malaza (îlots)
Ambohijanaka	Ambalanimarofotsy
Ambohimanga	Ambatolahy
Ambohitraivo	Ambatomainty
Ambohitrinina	Ambohimitsinjo
Ambohitrimby	Ambolamailhasmy
Izvonamite	Ampasitra
Ireninoro	Andrefamasoandra
Miarinarivo	Fiadanana
	Malaza
	Soafiadanana
	Tsarahasina