



HAL
open science

Analyse des effets de la biodiversité sur les performances dans les exploitations en polycultures-élevage et en bio/bio-like de Guadeloupe

Chloé Ragouvin

► **To cite this version:**

Chloé Ragouvin. Analyse des effets de la biodiversité sur les performances dans les exploitations en polycultures-élevage et en bio/bio-like de Guadeloupe. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. hal-04728868

HAL Id: hal-04728868

<https://hal.inrae.fr/hal-04728868v1>

Submitted on 9 Oct 2024

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

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



ISTOM

Ecole Supérieure d'Agro-Développement International

4, rue Joseph Lakanal, 49 000 ANGERS

Tél. : 02 53 61 84 60 istom@istom.fr



Stage en entreprise en 3^{ème} année

« Analyse des effets de la biodiversité sur les performances dans les exploitations en polycultures-élevage et en bio/bio-like de Guadeloupe »



RAGOUVIN Chloé

Promotion 112

Stage effectué à Petit-Bourg, en Guadeloupe
du 13/05/24 au 27/09/24

au sein des Jardins de CHAYAH et INRAE Antilles-Guyane

Maître de stage : Latchman Christophe

Référent Istom : Alhamada Moutaz

Responsable pédagogique du stage : Moutaz ALHAMADA

m.alhamada@istom.fr

Table des matières

Liste des abréviations :.....	4
Liste des figures :.....	5
Liste des tableaux :.....	6
Remerciements :.....	7
Feuillet 1 – Présentation générale de l’entreprise.....	8
I. Présentation générale de l’entreprise	8
I.1. Secteur d’activité, statut juridique et organisation de l’entreprise.....	8
I.1.1 Secteur d’activité de l’entreprise.....	8
I.1.2. Statut juridique de l’entreprise.....	8
I.1.3. Organisation de l’entreprise dans son environnement.....	9
I.2. Gamme de produits proposés par l’entreprise.....	10
I.3. Performances de l’entreprise.....	10
II. Principales caractéristiques du secteur d’activité de l’entreprise.....	11
II.1. Principales caractéristiques de la demande.....	11
II.2. Principales caractéristiques de l’offre.....	11
III. Analyse SWOT de l’entreprise au sein de son secteur.....	12
Feuillet 2 – Diagnostic du système productif	13
I. Sous-système biophysique du système productif.....	13
II. Schéma d’élaboration des productions.....	14
Feuillet 3 – Formalisation de votre question principale et de votre contribution à sa résolution.....	15
I. Contexte et projet MakiBio.....	15
1- Les indicateurs de biodiversité.....	17
2- Description des performances des systèmes en polyculture-élevage en milieu tropical	17
II. Matériels et Méthodes	20
1- Choix et Description de la zone d’étude.....	20
2- Vue d’ensemble de l’organisation.....	20
3- Technique et outils utilisés.....	21
a. Atelier participatif avec les agriculteurs.....	21
b. Conception des indicateurs de biodiversité	23
c. Mesure de la biodiversité végétale.....	25
d. Mesure de la biodiversité animale.....	26
e. Conception d’un gradient d’interaction culture-élevage.....	28
4- Analyse des données.....	28
a. Evaluation des indicateurs de biodiversité.....	28
b. Analyse des performances des exploitations agricoles.....	30

c. Etude de l'interaction entre culture et élevage.....	30
d. Comparaison des performances, de la biodiversité et de l'interaction culture- élevage.....	30
III. Résultats et discussion	31
1- Influence des pratiques agroécologiques sur la présence des fourmis et de l'orientation des exploitations sur l'usage des arbres.....	31
a. Présence et diversité des fourmis sur parcelles diversifiées et non diversifiées.....	31
b. Comparaison de l'utilisation des arbres par les agriculteurs.....	32
2- Comparaison des performances agroécologiques et économiques avec la biodiversité des exploitations.....	34
3- Evolution des performances agroécologiques des exploitations en fonction de leur diversité cultivée.....	37
a. Dépendance et productivité de l'exploitation.....	37
b. Efficience et résilience.....	38
c. Influence de la biodiversité sur l'intégration culture-élevage.....	39
IV. Conclusion.....	40
FEUILLET 4 – Synthèse de vos résultats et recommandations.....	42
I. Récapitulatif des apports de mon travail pour l'entreprise.....	42
II. Discussion de la validité du travail réalisé.....	43
III. Recommandation pour l'entreprise.....	45
Bibliographie.....	47
Annexes :	51

Liste des abréviations

AB : Agriculture Biologique

ACP : Analyse en Composantes Principales

CERAFER : Centre national d'Études Techniques et de Recherches technologiques pour l'Agriculture, la Forêt, et l'Équipement Rural

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

ENA: Ecological Network Analysis

EPA : Établissement Public d'Aménagement

FAO : Food and Agriculture Organization

FEADER : Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural

FEDER : Fonds Européen de Développement Régional

GDA ECO BIO : Groupement de Développement de L'Agriculture ECOlogique et Biologique de la Guadeloupe

IBF1 : Indice de Biodiversité de la Faune compagne

IBF2 : Indice de Biodiversité de la Faune cultivée

IBT1 : Indice de Biodiversité Totale compagne

IBT2 : Indice de Biodiversité Totale cultivée

IBV1 : Indice de Biodiversité Végétale compagne

IBV2 : Indice de Biodiversité Végétale cultivée

ICE : Intégration Culture Élevage

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

IRSTEA : Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

OFB : Office Française de la Biodiversité

SPE : Système en Polyculture Elevage

UA : Université des Antilles

UMRH : Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores

UR ASSET : Unité de Recherche en Agroécologie, Génétique et Systèmes d'Élevage Tropicaux

UR ASTRO : Unité de Recherche AgroSystème TROPicaux

Liste des figures :

Figure 1 : Diagramme des différents pôles d'activités de l'entreprise les Jardins de CHAYAH.....

Figure 2 : Localisation des exploitations enquêtées représentée sur la carte de la Guadeloupe.....

Figure 3 : Photo de l'atelier MakiBio du 30 mai 2024

Figure 4 : Photo du tableau de bord établi lors de l'atelier avec les agriculteurs

Figure 5 : Schéma de la méthode d'échantillonnage des placettes pour identification et comptage des adventices

Figure 6 : Exemple d'un échantillonnage d'adventices

Figure 7 : Schéma de la méthode d'échantillonnage des vers de terre

Figure 8 : Analyse en Composante Principale des exploitations en fonction de l'utilisation des arbres par les agriculteurs

Figure 9 : Répartition des agriculteurs selon leurs utilisations des arbres

Figure 10 : Analyse en Composantes Principales des exploitations en fonctions des performances et de la biodiversité

Figure 11 : Répartition des exploitations selon leurs performances

Figure 12 : Evolution de la dépendance aux apports d'azote entrants et de la productivité en fonction de l'IBT2

Figure 13 : Courbe de tendance de l'efficacité et de la résilience de l'exploitations en fonction de l'IBT2

Figure 14 : Courbe de tendance de l'ICE totale des exploitations en fonction de l'IBT2

Liste des tableaux

Tableau 1 : analyse SWOT de l'entreprise les Jardins de CHAYAH

Tableau 2 : Indice de biodiversité des exploitations échantillonnées

Tableau 3 : Performances et index de biodiversité totale

Tableau 4 : Comparaison des moyennes des échantillons entre parcelles diversifiées et non diversifiées

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier de tout cœur toute les personnes qui travaille à l'INRAE Antilles-Guyane de Petit-Bourg, que j'ai eu la chance de côtoyer, merci pour leurs hospitalités, leurs accueils, leurs bons conseils et leurs apprentissages, c'était un vrai plaisir de discuter avec eux.

Merci à tous les chercheurs de l'UR PEYI, l'UR ASTRO et l'UR ASSET avec qui j'ai eu la chance de travailler et qui m'ont soutenu et aidé durant le projet MakiBio.

Je tiens à remercier sincèrement Nathalie Mandonnet de m'avoir accueilli, de m'avoir accompagné et encadré durant ces 4mois. Merci pour ta gentillesse, pour tous tes conseils, tu as toujours été à l'écoute et compréhensive. Tu es une personne formidable, je souhaite à tout le monde d'avoir un maître de stage comme toi. Grâce à toi j'ai grandi tant sur le plan professionnel que personnel.

Merci aussi à Monsieur Christophe Latchman de m'avoir accueilli en tant que maître de stage, son ambition et son professionnalisme m'ont beaucoup enseigné, c'est grâce à lui si ce stage a été possible.

Merci à mes collègues de stage Topia, Hélène et Louise pour tous ces bons moments, nous avons rigolé, souffert, et fait la fête tous ensemble. Ce fut un vrai plaisir d'avoir passé tous ces bons moments en votre compagnie. Nous avons été une équipe incroyable et on s'en souviendra de nous j'en suis sûre.

Je tiens aussi à remercier tous les agriculteurs qui nous ont accueilli avec plaisirs sur les exploitations, merci à eux pour leurs professionnalismes, leurs dévouements, et leurs temps, vous nous avez beaucoup appris.

Merci à ma famille, Maman, Papa, Lucio, Loriane et Tony pour leurs encouragements, leurs soutiens, merci d'apporter autant de joie et d'amour dans ma vie, c'est grâce à vous si j'en suis là aujourd'hui.

Et enfin un grand merci à Monsieur Alhamada de m'avoir accompagné durant tout ce stage, merci pour vos conseils et votre compréhension. Vous êtes au Top.

Feuillet 1 – Présentation générale de l'entreprise

I. Présentation générale de l'entreprise

I.1. Secteur d'activité, statut juridique et organisation de l'entreprise

I.1.1 Secteur d'activité de l'entreprise

L'activité centrale de l'entreprise est l'exploitation agricole. Elle produit des cultures diversifiées, des cultures fruitières, des cultures vivrières, des cultures maraichères, des productions agroforestières, de l'aviculture, de l'élevage porcin semi plein air, et elle propose également de l'agritourisme (Annexe 1).

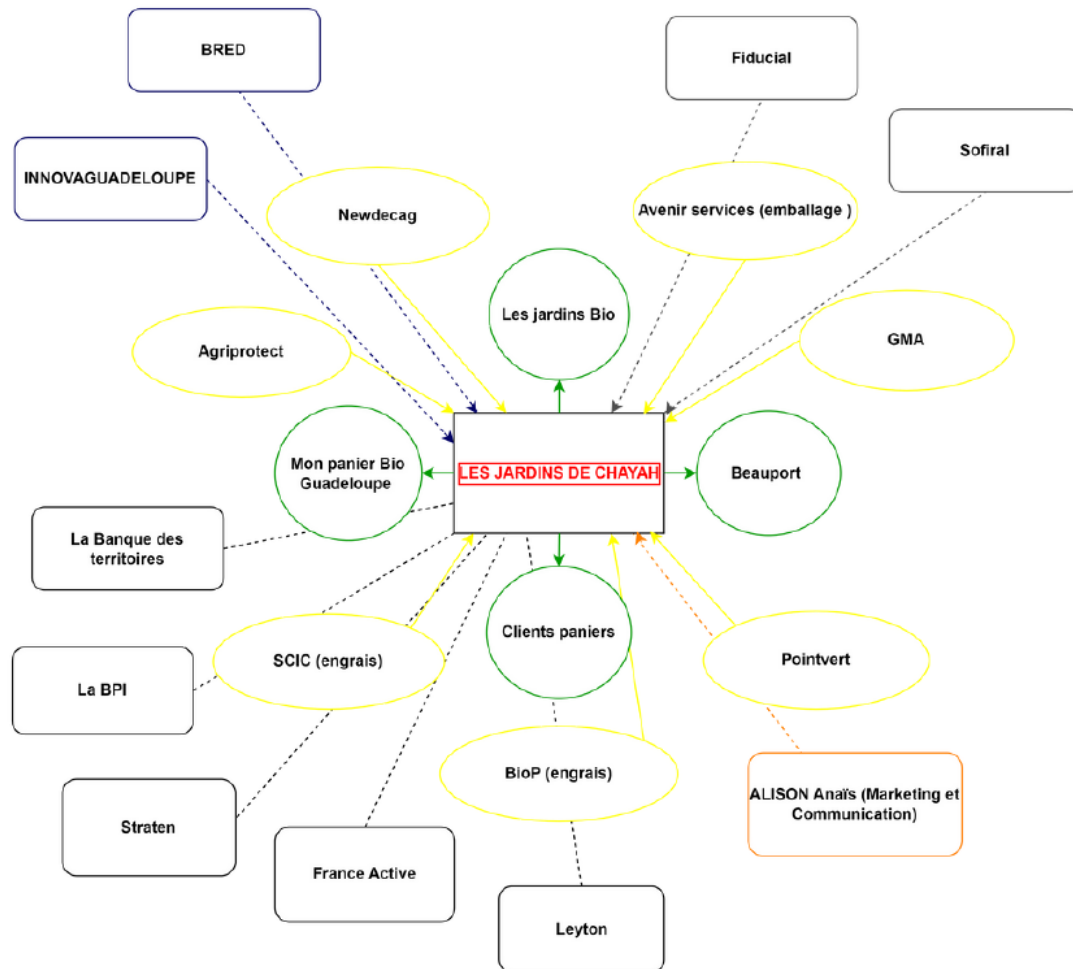


Figure 1 : Diagramme des différents pôles d'activités de l'entreprise les Jardins de CHAYAH

I.1.2. Statut juridique de l'entreprise

« Les jardins de CHAYAH » détient le statut juridique de SARL car l'aspect de responsabilité limitée est bénéfique pour celle-ci et en comparaison à la SCEA, à la EIRL et à la EARL parmi les 3 c'est le seul où l'on peut faire rentrer des personnes morales dans le capital. Etant donné que l'entreprise a d'énormes investissements à effectuer, elle doit et va devoir faire appel à des investisseurs qui vont rentrer dans le capital peut être momentanément mais sous forme morale donc c'est ce statut qui convient le mieux.

I.1.3. Organisation de l'entreprise dans son environnement



Titre : schéma des acteurs en lien avec les Jardins de CHAYAH

Mon entreprise d'accueil fait partie du GDA Eco Bio de Guadeloupe, mais reste une société indépendante, bénéficiant de soutien et de collaboration sans être rattachée à une société mère. Mon lieu de stage est à la fois une unité de production et une entité juridique indépendante. Elle est dirigée par Christophe LATCHMAN et sa femme qui travaillent tous deux 50 heures par semaine au lieu de 35h avec un tiers du temps consacré à la gestion administrative (Annexe 1). Le matin est dédié au travail pratique et l'après-midi à l'administration. En Guadeloupe, les activités administratives varient selon les saisons : en janvier, février et mars, il n'y a pas de commissions ni de budgets. Les activités reprennent en mars, avril et mai, tandis qu'en juin, il faut attendre septembre si rien n'est lancé avant le 15. Du 1er au 15 novembre, les budgets sont bloqués après cette date. À la réception des notifications en fin d'année, la construction des bâtiments commencera avec 4 à 5 ouvriers jusqu'à fin 2025.

Les acteurs en lien avec l'entreprise incluent des clients tels que Les jardins bio, Mon panier bio Guadeloupe, et bientôt Beauport pour les porcs. Les fournisseurs sont GMA, SCIC, BioP, Agriprotect, Newdecag, Pointvert, et Avenir Service. La structure financière de l'entreprise inclut la banque BRED et la Technopole INNOVAGUADELOUPE, avec des partenariats financiers comme Leyton, Straten, La Banque des Territoires, la BPI, et France Active.

Fiducial et Sofiral accompagnent la gestion et le juridique. Enfin, le marketing, le packaging et la communication sont gérés par eux même et une ancienne stagiaire, Alison Anaïs qui est infographiste et qui a sa propre entreprise et s'occupe de la communication digitale sur LinkedIn, Facebook, ainsi que de la création de vidéos et de stories.

I.2. Gamme de produits proposés par l'entreprise

Pour le moment l'entreprise propose majoritairement des bananes en produits mais aussi des fruits et des légumes Bio de saisons afin de concevoir des paniers qui seront vendus au clients en vente directe mais aussi sur le marché local bio. L'objectif futur est d'obtenir tous les financements pour mettre en place les 7 pôles prévus initialement. Les pores du projet sont quant à eux déjà en place pour une vente probable et prévue en décembre où la viande de cochon est traditionnellement consommée en grande quantité en Guadeloupe.

I.3. Performances de l'entreprise

L'évolution des ventes de l'entreprise est stagnante. L'entreprise n'a pas planté plus de bananes et a fait face à des périodes de faible demande, notamment durant la saison des vacances et en septembre. Octobre et novembre sont légers en termes de ventes, mais la demande augmente pour Noël car les clients se lâchent un peu plus. La fin de 2022 et l'année 2023 ont été difficiles en raison de la hausse des prix des matières premières. Par exemple, le prix d'un sac de de nourriture Bio pour les poules est passé de 17 euros avant la crise à 27 euros. Ces fluctuations ont affecté négativement le résultat comptable de l'entreprise (Annexe 1, 2 et 3).

L'entreprise tente de développer ses activités. Des projets d'investissement importants sont prévus pour 2024, avec un accent sur le développement de l'élevage de cochons et l'aviculture en 2025. La société a 20,000 m² de bâtiments et utilise des aides européennes, avec un taux de subvention de 80% en Guadeloupe. La diversification des cultures est également une priorité, avec des projets comme la production de banane de type « fraisinette » prise à la collection sélectionnée au CIRAD pour les hôtels d'ici février mars

La crise sanitaire a eu des effets significatifs sur l'entreprise. De 2020 à 2021, la crise a permis de vendre un grand nombre de produits. Cependant, après 2022, les consommateurs sont retournés à leurs habitudes de consommation, ce qui a réduit les ventes. La fin de 2022 et l'année 2023 ont été particulièrement difficiles à cause de l'augmentation des prix des matières premières. L'entreprise doit faire face à des défis liés à l'insularité, ce qui peut conduire à des situations complexes en cas de perturbations comme des guerres, des blocus de bateaux ou des problèmes d'internet. Pour surmonter ces défis, l'entreprise met en place des outils de pilotage et d'aide à la décision pour améliorer sa résilience et faire face aux impacts imprévus.

II. Principales caractéristiques du secteur d'activité de l'entreprise

II.1. Principales caractéristiques de la demande

Le marché du bio en Guadeloupe est en pleine croissance, stimulé par une prise de conscience croissante des consommateurs concernant la santé et la durabilité.

Avant la crise sanitaire, les consommateurs étaient prêts à acheter des produits bio, mais avec l'augmentation des prix, notamment en raison des tensions en Ukraine, leur budget a été impacté. Aujourd'hui, bien que les consommateurs soient toujours intéressés par les produits bio, leur panier moyen a diminué, ce qui pousse les entreprises à chercher à attirer un plus grand nombre de clients. Si un client achète moins, il est crucial de compenser cette perte en attirant de nouveaux clients. Pour cela, des outils marketing sont élaborés, notamment avec l'aide de Boris DAMASE.

Il existe différents consommateurs Bio : Les consommateurs Militants : Ces consommateurs, souvent âgés de plus de 50 ans, sont très engagés dans une vie saine et privilégient les produits bio. Les consommateurs Temporaires qui incluent les jeunes parents, surtout les femmes allaitantes, qui choisissent des produits bio pour leurs enfants pendant les premières années de leur vie. Les consommateurs Mixtes qui eux adoptent des habitudes d'achat mixtes, combinant produits conventionnels et bio. Ils considèrent certains produits locaux, comme la noix de coco ou le fruit à pain, comme intrinsèquement bio. Les Bio Convaincus, certains acheteurs achètent du bio pour des raisons de santé, et privilégient le bio local lorsque c'est possible. Toutefois, ils se tournent parfois vers du bio discount importé, avec une petite part de produits locaux comme la viande. Et enfin les Bio Septiques, parmi eux, certains estiment qu'il n'y a pas de véritable bio en raison de la pollution généralisée, tandis que d'autres trouvent que leur budget ne leur permet pas d'acheter des produits bio.

Le bio est souvent perçu comme un produit de luxe, ce qui n'est pas nécessairement le cas. En Guadeloupe, contrairement à la métropole où le bio est acheté pour préserver la planète, les consommateurs locaux achètent du bio principalement pour améliorer leur santé. Les produits bio locaux ont plus de sens pour certains consommateurs, bien que beaucoup choisissent des produits bio discount, souvent importés, tout en incluant des produits locaux dans leur alimentation.

II.2. Principales caractéristiques de l'offre

Christophe LATCHMAN et sa femme Yvelise LATCHMAN les deux gérants des Jardins de CHAYAH sont quasi seuls à travailler sur pratiquement tous les produits dans le secteur du Bio à part sur le poulet de la marque chef rico qui va servir de « Vache à lait » dans le déroulement de leur projet.

III. Analyse SWOT de l'entreprise au sein de son secteur (même si les données peuvent être partielles) :

Tableau 1 : Analyse SWOT de l'entreprise les Jardins de CHAYAH

<p>FORCES :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Développement de système combinés avec différentes combinaisons de produits ❖ Culture en circuit court ❖ Système d'abonnement qui permet le préfinancement et donc l'argent de poche pour travailler au quotidien ❖ Choix de plantes à cycle court ❖ Choix de poulets à cycle court ❖ Système de production de porc adapté pour une vente tous les mois 	<p>FAIBLESSES :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Ecosystème 0% il n'y a pas de données ❖ Environnement économiques non structuré ❖ Environnement agricole en chute libre notamment la canne et la banane qui sont les productions principales
<p>OPPORTUNITES :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Agriculture des 3P ❖ Déblocage des fonds nécessaire pour avancer 	<p>MENACES :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Evolution de la réglementation si elle s'écologise plus ❖ Evolution des normes de bien-être animal ❖ Evolution des normes de biosécurité par rapport aux risques sanitaires ❖ Les risques climatiques (cyclones, aléas...)

L'entreprise bénéficie de plusieurs facteurs clés qui favorisent sa performance. Le système combiné utilisé permet une flexibilité avec différentes combinaisons de produits, ce qui facilite l'entrée sur le marché. Les circuits courts sont particulièrement efficaces grâce à des systèmes d'abonnement qui préfinancent les achats, assurant une trésorerie positive. Les produits à cycles de production très courts tels que les salades, bouquets garnis, et poulets, ainsi que les porcs avec un cycle mensuel, contribuent à une meilleure gestion du besoin en fonds de roulement (BFR). Cette gestion efficace permet de maintenir une stabilité financière, même en cas de problèmes, en garantissant la capacité à payer les employés.

Cependant, l'entreprise fait face à plusieurs facteurs limitants. L'absence de données fiables dans l'écosystème complique la prise de décision, et l'environnement économique et agricole est mal structuré. De plus, le secteur agricole traverse une crise, avec une chute significative de la production de canne à sucre, passée de 800 000 tonnes à 400 000 tonnes en 4-5 ans, et une baisse similaire dans la production de bananes, de 90 tonnes à 50 tonnes.

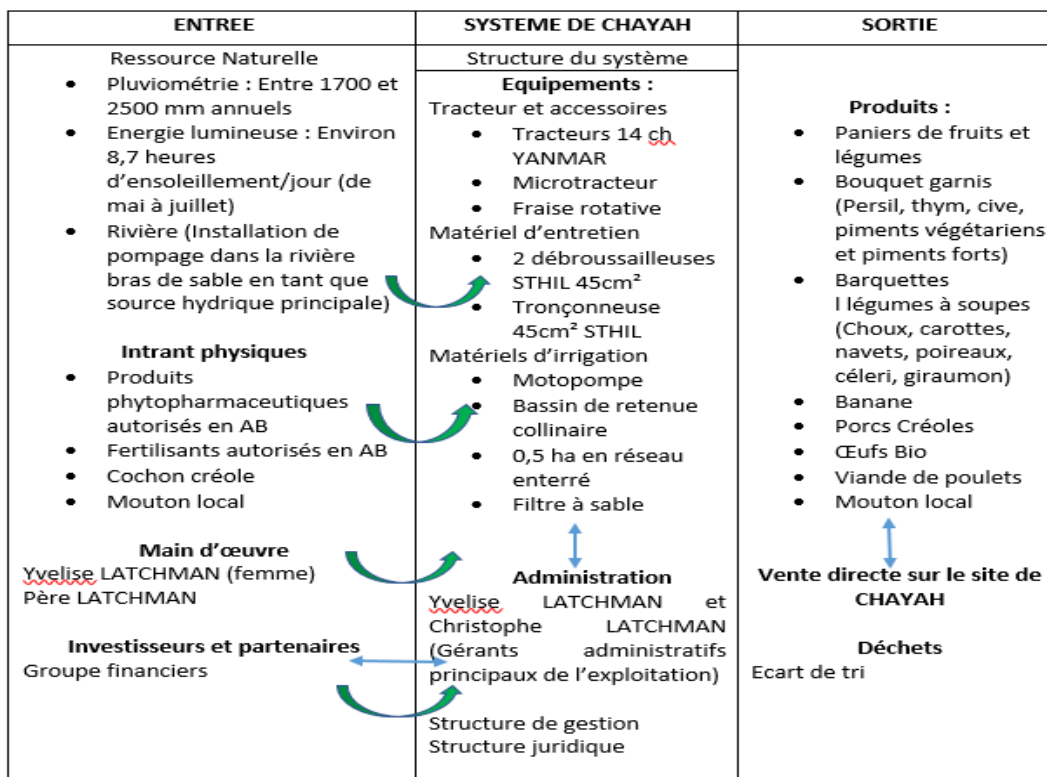
Pour surmonter ces défis, l'entreprise explore plusieurs voies d'amélioration. Elle adopte une approche agricole basée sur les 3P (prédictive, performante, précision) pour débloquer les fonds nécessaires au développement. Actuellement, elle attend des notifications pour des projets tels que le porc créole et les serres, qui devraient aider à dynamiser l'activité.

Enfin, l'entreprise doit se préparer à plusieurs menaces potentielles. Les évolutions réglementaires, comme des normes plus strictes en matière d'écologie, de bien-être animal et de biosécurité, pourraient impacter ses opérations. De plus, les risques climatiques tels que les cyclones et autres événements aléatoires représentent une menace significative. Il est crucial de développer des stratégies pour faire face à ces risques et minimiser leur impact sur les activités de l'entreprise.

Feuillet 2 – Diagnostic du système productif

Les deux schémas permettent d’imaginer les différentes interactions des éléments constitutifs du système productif des jardins de Chayah

I. Sous-système biophysique du système productif

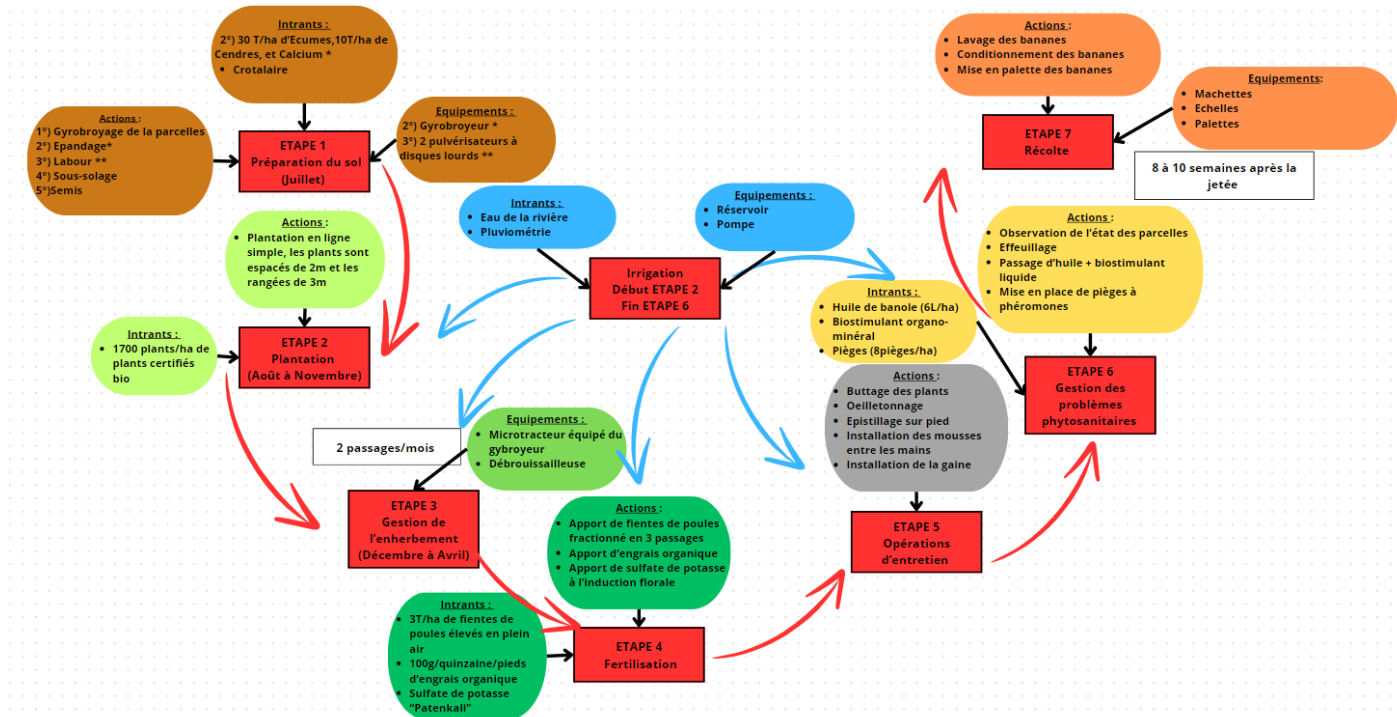


Titre : Schéma du sous-système biophysique de production de l'entreprise LES JARDINS DE CHAYAH

II. Schéma d'élaboration des productions

Christophe LATCHMAN prévoit de planter une surface de 2 ha de banane Cavendish Williams biologique destinée à la transformation en farine.

Voici une présentation des étapes de production de cette culture :



Titre : Schéma de production de la culture principale des Jardins de CHAYAH , la Banane

Légende :

- Eléments relatif à la préparation du sol
- Eléments relatif à la plantation des Bananes
- Eléments relatif à l'irrigation
- Eléments relatif à la gestion de l'enherbement
- Eléments relatif à la fertilisation
- Eléments relatif aux opérations d'entretien
- Eléments relatif à la gestion des problèmes sanitaires
- Eléments relatif à la récolte des bananes
- Chronologie entre les activités
- Irrigation au cours des différentes activités
- Différentes étapes de l'activité principale

Feuillet 3 – Formalisation de votre question principale et de votre contribution à sa résolution

I. Contexte et projet MakiBio

L'agriculture en Guadeloupe se distingue par la coexistence de deux principaux systèmes de production. D'une part, il y a les grandes exploitations intensives et spécialisées, telles que les filières de banane et de canne à sucre, dont la production est majoritairement destinée à la transformation et à l'exportation. On y inclut aussi certains grands élevages bovins allaitants, bien qu'ils soient principalement orientés vers la consommation locale. Ces systèmes historiquement dominants occupent plus de 52% de la surface agricole utilisée (SAU). D'autre part, on trouve des exploitations plus petites, de type polyculture-élevage (moins de 5 hectares en moyenne), souvent familiales, et produisant pour le marché local.

Malgré ces atouts tels qu'un climat tropical favorable, une riche biodiversité et des savoir-faire adaptés au territoire, l'agriculture guadeloupéenne doit relever plusieurs défis majeurs :

- **Les Dérèglements climatiques** : Avec des contraintes biotiques (ravageurs, parasites) et abiotiques (sécheresses, augmentations des températures), l'agriculture locale doit d'adapter pour préserver ses cultures et élevages (FAO et INRAE, 2020)
- **L'Insularité du foncier** : La disponibilité des terres agricoles est limitée, intensifiée par la pression urbaine et la fragmentation des exploitations (CESE, 2020).
- **La Dépendance aux marchés extérieurs** : La globalisation impacte fortement la production locale, dépendante des importations d'intrants et de l'exportation de produits, ce qui mène à une balance commerciale déficitaire (Semjen, 2015)
- **La Mobilisation sociale et la demande en produits locaux** : Malgré une baisse de la population, la demande pour des produits locaux, sains et accessibles continue de croître (INSEE, 2024).
- **Les Défis économiques et environnementaux** : L'agriculture spécialisée dépend largement des subventions et doit faire face aux problèmes de santé publique et de pollution, notamment liés à l'usage historique du « Chlordécone » (Starck, 2016).

Face à ces défis, l'agriculture guadeloupéenne doit évoluer vers des systèmes plus durables et résilients, capable de produire davantage avec moins de ressources. Dans ce contexte, l'agroécologie apparaît comme une solution prometteuse, car elle favorise des pratiques intégrées qui maximisent les synergies entre cultures et élevages tout en encourageant l'accroissement de la biodiversité au sein des exploitations. Cette approche permet de diversifier les productions, d'améliorer la structure des sols grâce aux fertilisants organiques, et de recycler les nutriments et déchets au sein des exploitations.

En intégrant une plus grande biodiversité, les exploitations agricoles peuvent renforcer leur résilience face aux aléas climatiques et aux pressions environnementales. La diversité des cultures favorise également la présence de pollinisateurs et de prédateurs naturels, ce qui contribue à une meilleure productivité et à une réduction des intrants chimiques. Ainsi, l'agroécologie ne se limite pas à une seule amélioration des pratiques agricoles, mais constitue un véritable levier pour transformer l'agriculture guadeloupéenne en un système plus équitable, durable et performant.

Ainsi voit le jour, le projet « MakiBio », mené par INRAE de janvier 2024 à décembre 2025 qui a pour objectif de développer et promouvoir des pratiques agroécologiques pour encourager leur adoption par les agriculteurs. Coordonné par Nathalie Mandonnet (INRAE UR ASSET) et Bernard DUMONT (INRAE UMRH), il s'intéresse particulièrement aux exploitations BIO et BIO-Like en Guadeloupe, en mettant l'accent sur l'impact des pratiques d'intégration cultures-élevages et de biodiversité augmentée, sur les performances des exploitations agricoles. Ce projet vise à analyser l'impact de ces pratiques sur les performances agroécologiques et socio-économiques des exploitations, en termes d'adaptation, de productivité, d'autonomie, d'efficacité et de résilience, de marge brute, d'efficacité du travail...

Monsieur Latchman mon maître de stage qui collabore avec INRAE m'a donc chargé de participer au projet MakiBio, et ma mission principale consistait à répondre à la question suivante : « Existe-il un optimum des performances agroécologiques et économiques des exploitations en polyculture-élevage, dépendant du niveau de biodiversité cultivée et compagne en Guadeloupe ? ».

Pour répondre à cette question, mon étude s'est appuyée sur une analyse holistique d'exploitations agricoles (réalisée en binôme avec un autre étudiant) en utilisant des indicateurs de performances agroécologiques basés sur les principes de l'agroécologie définis par la FAO et la Déclaration de Nyéléni (2015), et la caractérisation de la biodiversité présente sur les exploitations enquêtées (travail personnel).

Elle implique :

- La mise en place d'un tableau de bord pour le suivi des performances agroécologiques.
- La caractérisation des agroécosystèmes via la collecte de données de terrain sur des exploitations BIO et BIO-Like.
- L'évaluation des performances agroécologiques, des paramètres socio-économiques, et des indicateurs de biodiversité.

Finalement mon travail vise à fournir aux agriculteurs guadeloupéens des outils d'analyse pour renforcer leur transition vers des systèmes agricoles durables, en maximisant le bénéfice de la biodiversité. En proposant des pratiques intégrées et biodiverses, l'agriculture guadeloupéenne pourra accroître son autonomie, sa résilience et sa productivité tout en respectant les spécificités de son territoire.

Pour aborder cette problématique, mon stage s'est articulé en plusieurs étapes. D'abord, une phase d'enquête, qui a commencé le 1er juin 2024, a été menée pour collecter des données auprès des exploitants agricoles pratiquant l'agriculture Biologique et ceux dits « bio-like », c'est-à-dire les exploitants ayant des pratiques Bio, agroécologiques mais qui ne sont pas certifiés Bio mais sont considérés Bio par leurs consommateurs.

Dans le cadre de ce projet, un collègue stagiaire en M2 a été chargé de recueillir des données sur les performances des exploitations en termes agroécologiques et socio-économiques pour pouvoir les ajouter à nos données sur la biodiversité. L'ensemble des données sera organisé et analysé de manière rigoureuse dans l'objectif de comprendre comment la biodiversité influence les performances agroécologiques et économiques des systèmes en polyculture-élevage (SPE).

Les résultats attendus incluent la démonstration empirique de l'existence d'un optimum d'intégration entre cultures, élevages et biodiversité cultivée. Pour obtenir ces résultats, des données spécifiques sur la biodiversité dans les exploitations en polyculture-élevage (SPE) ont été collectées. Nous allons donc maintenant détailler les méthodes utilisées pour recueillir ces données.

1-Les indicateurs de biodiversité

Dans la littérature scientifique, la biodiversité est évaluée en mesurant la diversité spécifique, c'est-à-dire la variété des espèces présentes dans un agroécosystème donné. Pour cela, plusieurs indices sont utilisés, chacun offrant une perspective distincte sur la composition et l'équilibre de cette diversité.

L'un des principaux indices est l'indice de Shannon, qui intègre à la fois la richesse spécifique (le nombre total d'espèces) et l'abondance relative de chaque espèce. Cet indice est particulièrement pertinent pour évaluer la diversité dans des écosystèmes où certaines espèces, bien que rares, jouent un rôle essentiel dans l'équilibre global.

L'indice de Shannon se calcule à l'aide de la formule suivante : $H = -\sum(p_i \ln(p_i))$, où p_i représente la fréquence relative d'une espèce, correspondant à n_i / N qui est l'abondance proportionnelle d'importance de l'espèce ; n_i est le nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon et N est le nombre total d'individus dans l'échantillon. L'indice varie de 0 à $\ln(S)$ ou S est le nombre d'espèces.

Ensuite, **l'indice de Simpson** met l'accent sur la dominance des espèces au sein d'un écosystème. Il est particulièrement sensible aux variations dans l'abondance des espèces les plus communes et sert à évaluer la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. L'indice de Simpson varie de 0 à 1 : plus sa valeur est proche de 1, plus la probabilité de rencontrer deux individus de la même espèce est faible, indiquant ainsi une plus grande diversité. Pour calculer cet indice on utilise la formule suivante : $1-D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [n_i(n_i - 1)]}{[N(N - 1)]}$

Et enfin, nous avons **l'indice de Hill** qui combine les avantages des indices de Shannon et Simpson, offrant une série de mesures de la diversité qui intègrent à la fois la richesse spécifique et l'équité des espèces présentes. Cet indice permet une évaluation globale de la biodiversité en tenant compte non seulement du nombre d'espèces, mais aussi de leur répartition relative. Cet indice est calculé grâce à la formule suivante : $Hill = \frac{D^{-1}}{e^H}$, où e^H correspond à l'exponentielle de l'indice de Shannon et $1/D$ est l'inverse de l'indice de Simpson.

2- Description des performances des systèmes en polyculture-élevage en milieu tropical

En effet, mise à part les indicateurs de biodiversité il est important de connaître et de comprendre les indicateurs de performances qui ont été sélectionnés pour la Guadeloupe pour une meilleure synthèse du projet et une bonne corrélation des deux aspects du projet et des résultats obtenus.

Un système en polyculture-élevage est une approche intégrée qui combine culture diverses et l'élevage d'animaux au sein d'une exploitation, et parfois à l'échelle régionale (Van Keulen et SCHIERE 2004). Dans ces systèmes mixtes, les sous-produits de l'élevage peuvent être utilisés comme ressources pour les cultures, ce qui constitue une interaction entre ces deux activités. Selon Séré et al. (1996), cette interaction peut être définie comme un système d'élevage où plus de 10% de la matière sèche utilisée pour l'alimentation animale provient de co-produits végétaux de l'exploitation, et où plus de 10% de la valeur produite provient d'activités agricoles autres que l'élevage.

L'interaction entre cultures et élevages peut être analysée à différentes échelles : parcelle, exploitation, territoire ou même filière (Moraine et al., 2017). Dans le cadre de ce projet, nous nous concentrons sur les échelles de l'exploitation et de la parcelle. Pour évaluer l'intensité de cette interaction, nous avons établi un gradient qui classe les exploitations étudiées, puis calculées des indicateurs de performance pour chacune d'elles.

Pour cela nous avons utilisé la méthode ENA (Ecological Network Analysis) proposée dans une des publications sur l'étude des systèmes polyculture élevage en Guadeloupe (Stark et al.,2010).

Cette méthode consiste à évaluer les performances de l'exploitation en convertissant l'ensemble des données récoltées en flux d'azote. Les flux sont additionnés en fonction de leur nature, c'est-à-dire des flux entrants ou sortants des compartiments de production. Puis une matrice par exploitation est construite afin de voir l'ensemble des flux d'azote entre chaque type de production avec la quantité d'azote qui sort et qui entre dans chacun d'eux. Ensuite, avec cette matrice, on calcule les indicateurs qui nous intéressent afin d'évaluer les performances de l'exploitation. Ici nous utilisons quatre indicateurs de performance issus de la méthode ENA : la productivité des flux, la dépendance, l'efficacité et la résilience de l'exploitation. Les définitions de ces indicateurs sont issues de la thèse de Stark et al. (2010).

La productivité des flux d'azote (P) se définit comme la quantité de biens et de services produits par unité de production. Dans ce contexte, elle est mesurée par le rapport entre les flux sortants et le total des flux entrants dans l'exploitation. La formule utilisée pour calculer cette productivité est la suivante : $P = \frac{1}{TST} - \sum_{i=1}^n (Y_{0i})$ avec TST le total des flux intrants et Y_{0i} les flux sortants d'un compartiment.

La dépendance consiste à mesurer la quantité de flux externe nécessaire au bon fonctionnement de l'exploitation. Pour cela on somme l'ensemble des flux entrants dans le système puis on le ramène à l'hectare pour la comparaison entre les systèmes, avec la formule suivante : **Dépendance** = $\sum_{i=1}^n (Z_{i0})$ avec Z_{i0} les flux entrants dans l'exploitation 13

L'efficacité (Eff) mesure le rapport entre les flux entrants et sortants au sein des compartiments de l'exploitation. Lorsque ces flux sont exprimés pour un nutriment ou une source d'énergie, ce rapport constitue un indicateur classique de l'efficacité de l'utilisation des nutriments ou de l'énergie, que ce soit au niveau de la ferme ou à l'échelle nationale (van Bruchem et al., 1999). La formule utilisée est la suivante : **Eff** = **P/SS**

La résilience représente la capacité du système à face aux aléas potentiels (Darnhofer et al., 2010a). Ces perturbations peuvent être d'ordre économique, climatique ou social, ce qui complique la mesure de la résilience. Ici, nous utilisons le concept proposé par Ulanowicz, qui

utilise les notions de capacité de développement (C), d'ascendance (A) et de surcharge (S), représentées par les formules suivantes :

$$C = - \sum_{i,j} \left(T_{ij} \log\left(\frac{T_{if}}{T}\right) \right) \quad A = \sum_{i,j} \left(T_{ij} \log\left(\frac{T_{if}T}{T_i T_f}\right) \right) \quad \phi = - \sum_{i,j} \left(T_{ij} \log\left(\frac{T_{if}^2}{T_i T_f}\right) \right)$$

avec T_i Flux entrant total pour le compartiment i et T_j Flux sortant total pour le compartiment j .

Les performances économiques de l'exploitation sont analysées d'une autre manière. En effet, les données économiques recueillies lors des enquêtes sont utilisées pour calculer divers indicateurs issus de la publication de Selbonne et al. (2023) sur la mesure des performances des exploitations :

- **La marge brute** est un indicateur économique qui évalue la performance par unité de surface de la ferme, en tenant compte de la surface agricole disponible et de son potentiel de création d'emplois. Le coût d'investissement comprend le coût de la main-d'œuvre, en soustrayant le salaire du travail familial du produit brut. La marge brute est calculée en €/ha/an grâce à la formule suivante : **Marge Brute** = $\frac{\text{Produit brut} + \text{Subventions} - \text{Coûts variables}}{T_a}$ avec le produit brut qui correspond aux produits commercialisés (€/an), les coûts variables qui correspondent à la main d'œuvre, carburant, engrais, etc.(€/an) Ainsi que T_a la superficie totale de l'exploitation (ha)

- **Le revenu net** permet de déterminer le montant final que l'exploitation gagne après avoir soustrait toutes les dépenses, charges et taxes des revenus bruts. En d'autres termes, il représente le bénéfice net de l'entreprise. Il se calcule en euros par an à l'aide de la formule suivante : **Revenu net** = **marge brute** – **amortissement** – **charges fixes** - **impôts**

- **La productivité du travail** est un indicateur qui mesure l'efficacité du travail d'un ménage en se fondant sur la marge brute, en prenant en compte les coûts de main-d'œuvre, y compris celle des membres de la famille, ainsi que le taux horaire minimum en vigueur 14 dans la région d'étude. Il fournit aussi des informations sur l'efficacité technique, l'attractivité du système, et les conditions de travail. Il est exprimé en €/h et se calcule selon la formule suivante : **Productivité du travail** = $\frac{\text{Marge brute}}{\text{Main d'oeuvre}}$ avec la main d'œuvre en h/an et la marge brute en €/an

- **L'autonomie** est un indicateur qui évalue la dépendance des agriculteurs aux subventions publiques. Si ces aides peuvent parfois favoriser l'emploi, la plupart des études les associent à des effets négatifs tels que l'exode rural, l'impact environnemental et l'efficacité technique, avec des répercussions sur la sécurité alimentaire. Il est donc essentiel de comprendre cette dépendance pour analyser son interaction avec la durabilité des systèmes agricoles.

L'autonomie est calculée en pourcentage avec la formule suivante :

$$\text{Autonomie} = \frac{(\text{Revenu} - \text{Subventions})}{\text{Revenu}} \times 100$$

II. Matériels et Méthodes

Pour mener les enquêtes, l'équipe était composée de trois stagiaires dont les rôles ont été prédéfinis dès le début du stage en accord avec notre responsable de projet : il y avait un stagiaire de Master 2, qui s'est focalisé sur les aspects liés aux performances des exploitations, notamment l'élaboration du guide d'enquête, et une stagiaire de Master 1 qui était avec moi sur l'aspect biodiversité.

Les enquêtes sur le terrain ont duré 2 mois de juin à août 2024 en mode participatif. Dix exploitations ont pu être visitées. Nous avons aidé les agriculteurs durant une demi-journée sur leur exploitation à accomplir diverses tâches : désherbage, plantation, semis, récolte, montage de barrière électrique... pour par la suite, compléter divers questionnaires avec l'agriculteur et terminer par les échantillonnages de leurs parcelles. Aider les agriculteurs visait à faciliter les échanges avec eux, les mettre en confiance, leur offrir de la main d'œuvre et ainsi libérer du temps pour l'entretien.

1- Choix et Description de la zone d'étude

Les enquêtes ont été conduites sur tout l'archipel sans distinction pour pouvoir constituer un échantillon représentatif de la répartition géographique des exploitations en polyculture-élevage. L'objectif était de recueillir une diversité de pratiques agricoles et d'opinions. Sur la Grande-Terre nous sommes allés à Sainte-Anne et aux Abymes et sur la Basse-Terre à Petit-Bourg, au Lamentin, et à Sainte-Rose.

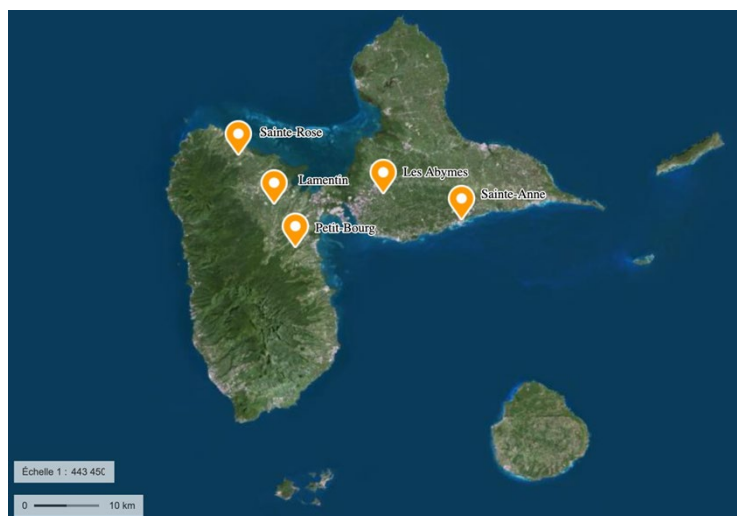


Figure 2 : Localisation des exploitations enquêtées représentée sur la carte de la Guadeloupe

2- Vue d'ensemble de l'organisation

L'étude se concentre sur l'analyse de l'influence de la biodiversité cultivée sur les performances multiples des exploitations agricoles. Les exploitations enquêtées étaient toutes en agriculture biologique ou pratiquaient l'agroécologie, conformément aux objectifs du projet MakiBio. En amont des enquêtes, un guide d'entretien a été élaboré, ainsi que des protocoles spécifiques pour la collecte des données relatives à la biodiversité. Il a notamment

été nécessaire de définir des indicateurs de biodiversité applicables sur le territoire guadeloupéen, et d'analyser les performances des exploitations.

La biodiversité, telle que définie par l'Office Français de la Biodiversité (OFB), correspond à « l'ensemble des êtres vivants et des écosystèmes dans lesquels ils évoluent. Ce terme inclut également les interactions entre les espèces et avec leur milieu ». Ce concept a émergé dans les années 1980, et la Convention sur la diversité biologique, signée lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992, a marqué la première reconnaissance officielle de l'importance de la conservation de la biodiversité pour l'ensemble de l'humanité.

Au sein des exploitations agricoles, la biodiversité se décline en plusieurs catégories. Il y a d'abord la biodiversité cultivée ou agronomique, qui englobe les animaux d'élevage, les plantes cultivées, qui constitue l'objet principal de notre étude. Ensuite, il y a la biodiversité para-agricole qui comprend les espèces auxiliaires ainsi que les ravageurs. Enfin, la biodiversité compagne, correspond aux espèces sauvages et spontanées (MAAP, MNH, 2009). Cette biodiversité, dans son ensemble, fournit divers services écosystémiques essentiels, tels que l'approvisionnement, la régulation, le soutien et la culture.

3- Technique et outils utilisés

a. Atelier participatif avec les agriculteurs

Dans le cadre du projet MakiBio, nous avons collaboré avec le GDA ECO BIO qui est le groupement des agriculteurs Bio de Guadeloupe présidé par Christophe LATCHMAN mon maître de stage. Cette collaboration nous a permis de d'entrer en contact plus facilement avec les agriculteurs pratiquant l'agriculture Bio ou l'agroécologie mais à des degrés d'intégration culture-élevage différents au vu de leurs besoins, de leurs moyens, de leur situation géographique.... Pour avoir un premier entretien avec ces agriculteurs afin de leurs expliquer le projet, pouvoir les mettre en confiance, faciliter le dialogue et les inciter à s'impliquer dans le projet, nous avons organisé un atelier participatif le 30 mai 2024.

Cet atelier avait pour objectif pédagogique d'engager une réflexion collective avec les agriculteurs afin de co-définir des indicateurs de performance écologique pour leurs exploitations, incluant les aspects économiques, sociaux et environnementaux qu'ils jugeaient importants. Sur la cinquantaine d'agriculteurs que nous avons invités, 8 ont pu se déplacer et participer à l'atelier. Un tableau de bord a été élaboré et complété en fonction des besoins et de leurs attentes pour refléter la diversité des performances des exploitations agricoles (figure 4). Tout au long de l'atelier, nous avons pu discuter avec les agriculteurs et ce fut vraiment instructif et au final nous avons pu obtenir plusieurs rendez-vous pour mener à bien nos entretiens et enquêtes.

Mon rôle dans cet atelier s'est décliné en plusieurs tâches, depuis la préparation, l'organisation, jusqu'à la restitution des résultats. J'ai eu en ma possession les divers contacts des agriculteurs que j'ai dû trier à l'aide de Monsieur LATCHMAN, puis j'ai contacté plus d'une cinquantaine d'agriculteurs au téléphone pour leur parler de l'atelier et éventuellement les inviter. Un peu plus d'une semaine avant l'atelier, j'ai relancé tous les agriculteurs sur WhatsApp et par mail, par la suite j'ai dû les recontacté pour confirmer leurs venues. Le jour de l'atelier, j'ai accueilli les participants, discuté avec eux, et pris des notes lors des

discussions, notamment celles relatives à l'élaboration du tableau de bord. Ce dernier s'articulait autour de 13 axes de performances préétablis : le recyclage, la réduction des intrants, la santé des sols, la biodiversité, les synergies, la diversification économique, la co-création des savoirs, les valeurs sociales, la connectivité, la gouvernance des terres, et des ressources naturelles, ainsi que la participation. Un 14^{ème} axe a été ajouté suite aux échanges durant l'atelier. sur la transmissibilité des exploitations c'est à dire la difficulté d'attirer les jeunes actifs vers ce secteur, et le souhait de rendre la profession d'agriculteur plus attrayante (figure 4).



Figure 3 : Photo de l'atelier MakiBio du 30 mai 2024

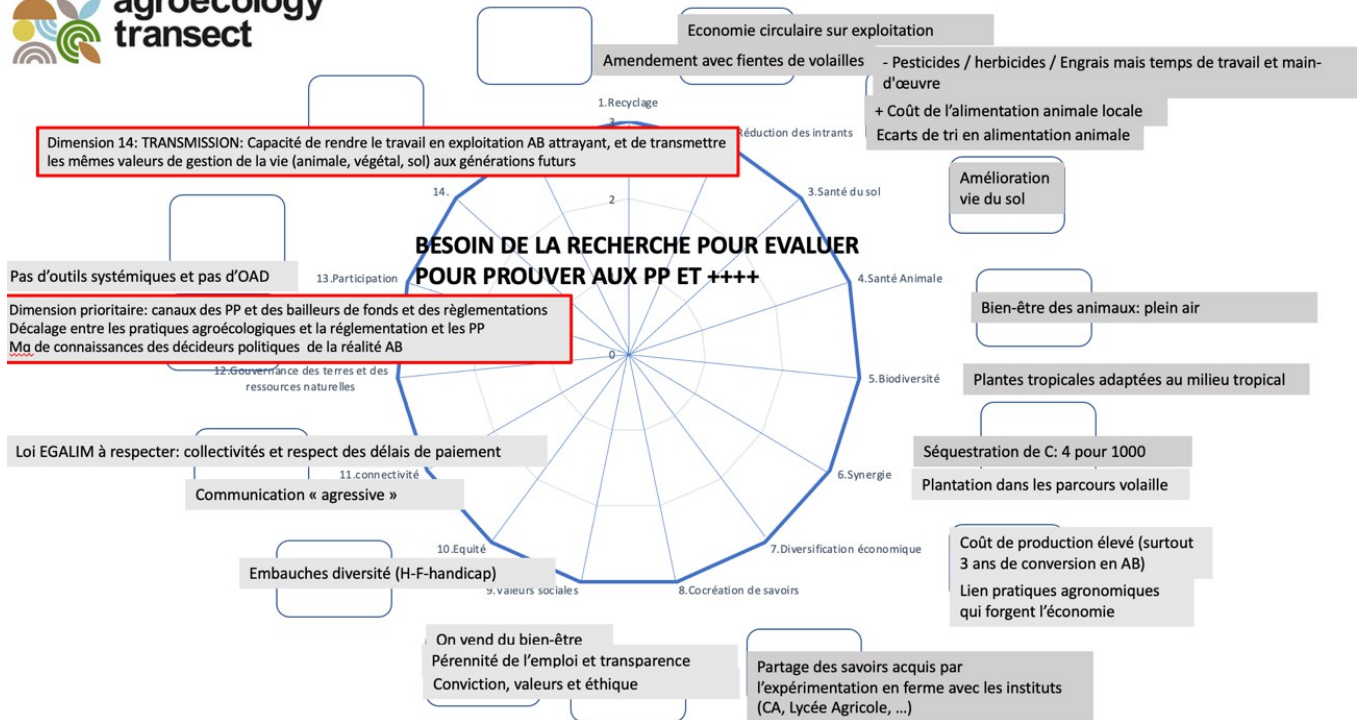


Figure 4 : Photo du tableau de bord établi lors de l'atelier avec les agriculteurs

b. Conception des indicateurs de biodiversité

Un guide a été structuré en plusieurs parties afin de recueillir des informations sur le foncier, les productions animales et végétales, les aspects sociaux, la valorisation des produits, ainsi que la vision des agriculteurs sur le changement climatique. Et nous, ma collègue et moi nous avons constitué les protocoles nécessaires au prélèvements de chaque indicateur de biodiversité à l'aide de la bibliographie, des attentes du projet AETransect et des différents chercheurs spécialisés dans chaque domaine. De plus le choix des indicateurs a aussi été fait par nous car nous les avons sélectionnés en fonction de leur faisabilité sur le terrain, du contexte pédoclimatique du territoire, ainsi que du temps nécessaire pour leur échantillonnage et analyses. Six indicateurs de biodiversité compagne ont été retenus pour l'étude : les adventices, les vers de terre, les fourmis, les nématodes du sol, les micro-organismes et la matière organique et un de biodiversité cultivée : les arbres. Ces indicateurs ont été choisis pour les raisons suivantes :

- Les adventices, souvent considérées comme de « mauvaises herbes » sont de bons indicateurs de biodiversité car elles favorisent le contrôle des ravageurs des cultures, la fertilité du sol et des fonctions associées aux

cycles du Carbone, de l'azote, et du phosphore ainsi que la pollinisation (Sabrina S et al., 2015).

- Les vers de terre sont des indicateurs importants de la fertilité du sol, de l'évaluation des pratiques agricoles et du contrôle de la contamination des sols (Paoletti, 1999).
- Les fourmis jouent un rôle crucial dans l'aération du sol et agissent comme décomposeurs en se nourrissant de déchets organiques, d'insectes et d'autres animaux. Elles contribuent également à la dispersion des graines, favorisant ainsi la régénération des plantes. De plus, leur activité de creusement améliore la structure du sol, facilitant l'infiltration de l'eau et augmentant la disponibilité des nutriments pour les plantes.
- Les nématodes libres sont des bio-indicateurs de la santé du sol, leur abondance permet de caractériser le niveau d'activité biologique du sol. Ces nématodes participent à la décomposition de la matière organique et au recyclage des nutriments en interagissant avec les racines des plantes et les microorganismes (Elisol, 2019).
- Le carbone actif constitue la fraction labile de la matière organique du sol. Il se dégrade rapidement et est consommé par les microorganismes. L'analyse du carbone actif du sol permet de diagnostiquer les problèmes de productivité et de fertilité (AgroEnviroLab, 2016). Quant aux microorganismes du sol, ils sont de bons indicateurs de biodiversité puisqu'ils contribuent à la dégradation de la matière organique.
- Les arbres sont des protecteurs de la biodiversité, ils protègent les cultures du vent, sont un habitat pour la faune. De plus, les arbres contribuent à l'amélioration de la santé du sol en ajoutant de la matière organique, en stabilisant le sol avec leurs racines et en favorisant le développement des micro-organismes et des champignons.

Les échantillons ont été prélevés ou observés sur deux parcelles bien distinctes, dans le but pour chaque exploitation de pouvoir évaluer un gradient qui soit le plus indépendant possible de particularités propres à chacune des fermes. Le principe du choix des parcelles a d'abord été défini avec les participants du projet : une parcelle témoin présentant le moins d'interaction culture-élevage et une parcelle caractérisée par une plus grande diversité et des interactions maximales entre culture et élevage. Le nombre d'échantillons et la technique de prélèvement utilisée est défini pour chaque protocole lié au critère mesuré.

La mesure de la biodiversité cultivée a été réalisée à l'aide du guide d'entretien employé par le stagiaire de Master 2. L'objectif était de recenser tous les ateliers existants, en précisant pour chacun le nombre d'espèces présentes ainsi que le nombre d'animaux ou la quantité de cultures pour chaque type de production. Nous en biodiversité cultivée nous n'avons que le questionnaire sur les arbres à

effectuer avec l'agriculteur. Pour pouvoir quantifier cet indicateur.

c. Mesure de la biodiversité végétale

La biodiversité végétale est évaluée en fonction de la présence des adventices sur la parcelle témoin et la parcelle diversifiée ainsi que de la biodiversité des arbres. Pour échantillonner la diversité des adventices, nous avons utilisé un quadrat de 1m² afin de délimiter la zone d'échantillonnage, puis nous avons pris en photo les zones d'études avec un zoom identique pour l'étape d'identification des adventices par une chercheuse experte.

Pour chacune des parcelles, nous avons réalisé entre quatre à cinq photos : trois photos sur la longueur de la parcelle à une distance de 5 mètres chacune, éloignées de la bordure, et plusieurs photos de la bordure en fonction de la diversité des adventices présentes (figure 5 et 6). Les zones échantillonnées ont été choisies aléatoirement. Les espèces présentes à l'intérieur du quadrat sont identifiées à l'aide des chercheurs de l'UR ASTRO puis quantifiées. Par la suite, les données ont été saisies dans un fichier Excel, puis nous avons utilisé des indices de diversité pour calculer la diversité végétale dans chacune des exploitations.

L'échantillonnage des arbres est réalisé avec l'agriculteur, sous la forme d'un questionnaire afin d'avoir le nombre d'arbres, les espèces ainsi que leurs utilisations (autoconsommations, bois, vente des fruits...). Nous avons aussi utilisé des indices de diversité pour mettre en avant cet indicateur et nous avons étudié les corrélations entre les différentes utilisations et les espèces.

Enfin, les protocoles réalisés comprenaient une partie questionnaire qui permettait de recueillir la perception de l'agriculteur sur la biodiversité végétale. Le questionnaire dédié aux adventices comportait cinq questions sur les bénéfiques et les contraintes des adventices, avec des réponses sous forme d'échelle de 1 à 5. Ensuite, une section demandait de classer les différents bénéfiques et contraintes des adventices pour les agriculteurs. Enfin, la dernière partie consistait à évaluer, sur les parcelles diversifiées et témoins, la présence d'insectes et de maladies sur les adventices, grâce à des intervalles de notation, mais aussi des questions sur les pratiques culturales réalisées sur les parcelles échantillonnées. Un questionnaire similaire a été utilisé pour les arbres qui comportait plus de questions concernant la perception de l'agriculteur sur la biodiversité en plus des espèces présentes sur son exploitation mais le nombre aussi (annexe).

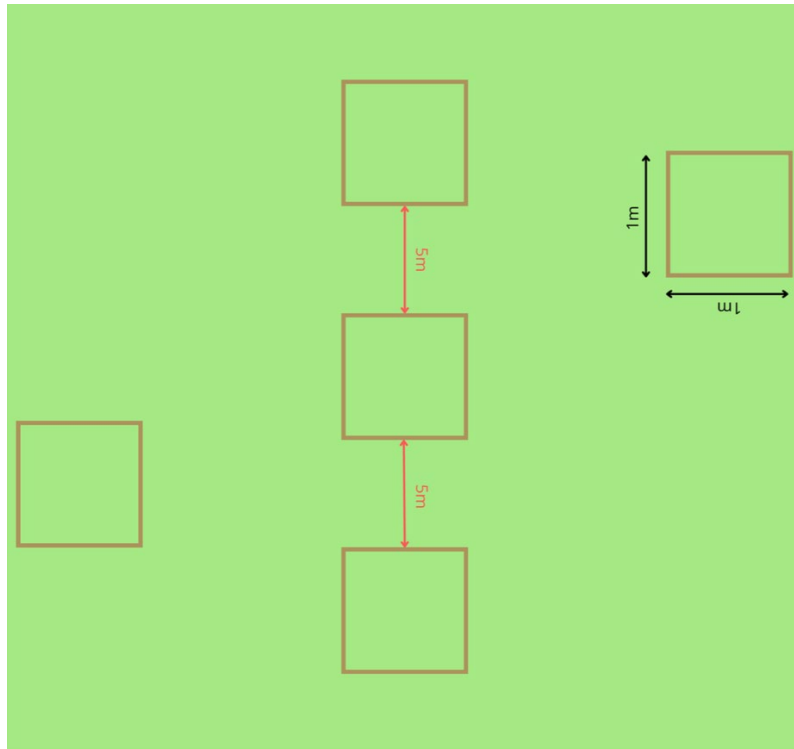


Figure 5 : Schéma de la méthode d'échantillonnage des placettes pour identification et comptage des adventices



Figure 6 : Exemple d'un échantillonnage d'adventices

d. Mesure de la biodiversité animale

La biodiversité animale est mesurée grâce aux indicateurs suivants : les vers de terre, les fourmis, et les nématodes, pour lesquels nous avons réalisé des prélèvements sur les deux parcelles étudiées.

L'échantillonnage des vers de terre a été réalisé en suivant la méthode du W, qui consiste à effectuer cinq prélèvements espacés de 20 mètres en formant un tracé en W. Les prélèvements ont été effectués à l'extérieur des zones de passages et à

10 mètres des bordures de la parcelle. Pour chaque prélèvement, un trou de 30 x 30 x 20 cm a été creusé (figure 7). La terre extraite a ensuite été triée pour récupérer les vers de terre, qui ont été placés dans des pots contenant de l'alcool à 70° pour une meilleure conservation. Après un certain temps, chaque échantillon de vers de terre a été pesé afin de calculer la biomasse dans chacune des exploitations.

Les fourmis ont été prélevées en marchant de manière aléatoire sur chacune des parcelles durant 15 minutes tout en observant chaque recoin. Il fallait récolter le plus d'espèces différentes possibles et compter le plus de nids, de chemins et d'entrées présents, afin de pouvoir évaluer la diversité de celles-ci. Ces fourmis à leur tour ont été stockées chacune dans des tubes eppendorf puis placées dans une glacière afin d'être « endormies ». Après conservation au frais, elles ont été comptées et prises en photo sous plusieurs angles à l'aide d'un microscope prévu à cet effet, pour être finalement minutieusement identifiées par un spécialiste du domaine.

Pour mesurer les microorganismes du sol, nous avons prélevé des échantillons de terre. Cinq prélèvements de 10 grammes ont été effectués en suivant un parcours en W sur l'ensemble de la zone à étudier, à une profondeur de 15 à 20 cm. Ces échantillons ont été placés dans des pots de 50 ml puis ont été conservés au congélateur avant leur envoi au laboratoire d'analyse. Ces échantillons ont aussi été utilisés afin de mesurer le carbone actif présent dans le sol.

Enfin pour les nématodes le même processus a été effectué sauf que tous les 5 échantillons ont été mélangés de manière homogène puis ont été conservés au frais (entre 8°C et 20°C) avant d'être envoyés au laboratoire d'analyse.

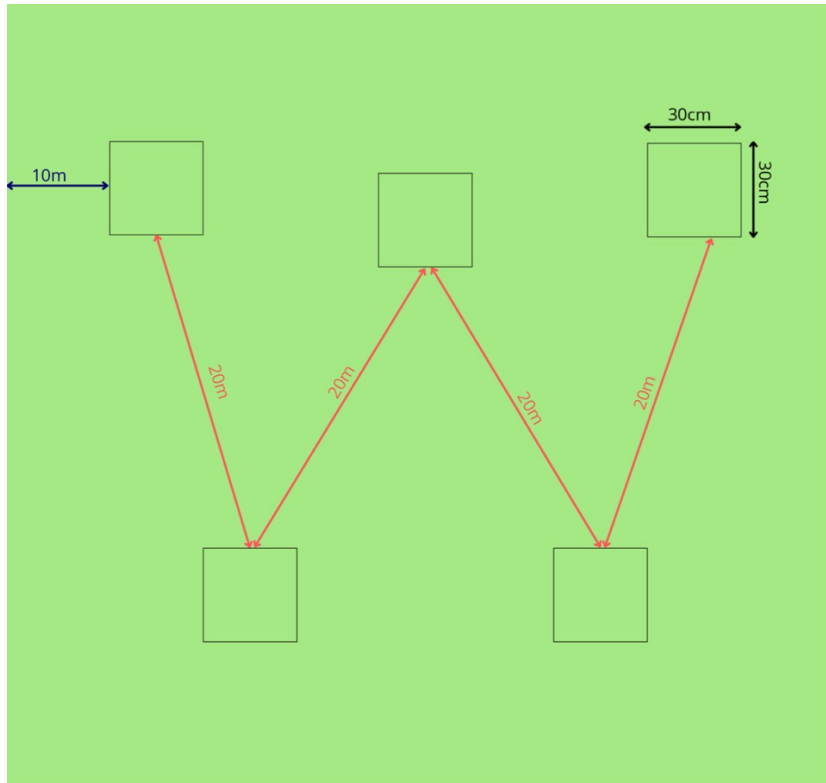


Figure 7 : Schéma de la méthode d'échantillonnage des vers de terre

e. Conception d'un gradient d'interaction culture-élevage

Les exploitations étudiées intégraient de manière étroite les activités de culture et d'élevage, favorisant ainsi une interaction synergique entre ces ateliers. Cette approche se caractérise par plusieurs pratiques interdépendantes. Tout d'abord, une partie de l'alimentation animale provient des co-produits végétaux générés au sein de l'exploitation, optimisant ainsi l'utilisation des ressources locales. Ensuite, des déjections animales sont valorisées comme fertilisants naturels, enrichissant les sols et réduisant la dépendance à l'engrais chimique. Enfin, les animaux sont également utilisés comme force de traction, contribuant à diverses tâches agricoles (débardage...) pour limiter l'usage de machines motorisées et réduire l'empreinte carbone de l'exploitation (Sterling et al.,2024).

4- Analyse des données

a. Evaluation des indicateurs de biodiversité

En raison des délais limités du stage, il n'a pas été possible de réaliser les analyses pour tous les échantillons de sol et de vers de terre dans les temps impartis. Par conséquent, nous concentrons notre évaluation de la biodiversité sur les échantillons de fourmis, d'adventices et d'arbres observés. De plus, notre analyse porte sur 6 exploitations parmi les 10 initialement échantillonnées, en raison de l'insuffisance de données pour 4 d'entre elles.

Les données collectées nous permettent de calculer l'indice de Shannon, qui mesure la richesse spécifique pour chacun des indicateurs. Les indices relatifs à la biodiversité cultivée sont calculés à l'échelle de l'exploitation, tandis que ceux liés à la biodiversité compagne sont évalués à l'échelle de la parcelle (une parcelle diversifiée et une parcelle non diversifiée).

A partir de cet indice, nous pouvons calculer un indicateur de diversité végétale compagne totale (IBV1), un indicateur de diversité animale compagne totale (IBF1), ainsi qu'un indicateur de diversité totale pour l'ensemble de la biodiversité compagne (IBT1). Ces mêmes indicateurs ont ensuite été appliqués à la biodiversité cultivée, donnant les indices suivants IBV2 (la diversité végétale cultivée), IBF2 (la diversité animale cultivée), et IBT2 (la biodiversité cultivée totale).

L'ensemble de ces indices a été calculé à l'aide du logiciel R, et les résultats sont présentés dans le tableau 2

Par ailleurs, une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée sur les données relatives aux arbres afin d'identifier d'éventuelles corrélations entre les différentes utilisations des arbres et leurs espèces. Enfin, un test de Mann-Whitney a été appliqué aux données concernant les fourmis, à l'échelle des parcelles, afin de déterminer s'il existe une différence significative entre parcelles diversifiées et parcelles non diversifiées.

ID de l'exploitation	Rank	Indice biodiversité animale compagne (IBF1)	Indice biodiversité végétale compagne (IBV1)	Indice biodiversité compagne totale (IBT1)	Indice biodiversité animale cultivée (IBF2)	Indice biodiversité végétale cultivée (IBV2)	Indice biodiversité cultivée totale (IBT2)
3	Diversifiée	1,33	NA	1,33	0,69	3,32	4,01
3	Peu diversifiée	0	2,64	2,64			
4	Diversifiée	1,33	2,08	3,41	0	3,87	3,87
4	Peu diversifiée	0,69	2,71	3,4			
5	Diversifiée	0	2,64	2,64	0	3,46	3,46
5	Peu diversifiée	0	2,48	2,48			
6	Diversifiée	1,61	2,48	4,09	0	1,79	1,79
6	Peu diversifié	0,64	1,79	2,43			
7	Diversifiée	0,69	2,4	3,09			

7	Peu diversifiée	0	2,48	2,48	0,69	3,52	4,21
8	Diversifiée	1,39	2,2	3,59	1,39	4,03	5,42
8	Peu diversifiée	0	2,3	2,3			

Tableau 2 : Indice de biodiversité des exploitations échantillonnées

b. Analyse des performances des exploitations agricoles

Les performances des exploitations agricoles ont été analysées à l'aide de la méthode ENA. L'ensemble des étapes de collecte d'organisation et d'analyse de données à été réalisé par un stagiaire de Master 2. Ici nous utiliserons seulement les résultats stockés sous forme d'un tableau afin de les comparer avec les niveaux d'ICE et des indicateurs de biodiversité. Les indicateurs de performances agroécologiques ont été traités sur le logiciel Excel par le stagiaire de Master 2.

c. Etude de l'interaction entre culture et élevage

Le gradient d'intégration des exploitations est établi en se basant sur l'analyse de la matrice des flux d'azote, utilisée pour évaluer les performances agroécologiques des exploitations. Pour cela, nous avons recours à l'indicateur d'ICE, tel que défini dans la thèse de Stark (2016). Cet indicateur mesure la somme des flux internes d'azote au sein de l'exploitation, notamment les échanges entre les différentes productions, en particulier entre les systèmes de production animale et végétale.

Lorsqu'une exploitation maximise son ICE, de nombreux échanges d'azote se produisent entre ces compartiments, ce qui conduit à un indicateur d'ICE élevé. Ces exploitations sont classées dans la catégorie des « Systèmes très intégrés », avec un ICE compris entre 46 % et 48 %. Pour les exploitations où le niveau d'intégration est moins prononcé, par exemple lorsque la matière organique est utilisée uniquement pour la fertilisation ou que les animaux sont uniquement utilisés pour le désherbage, l'ICE varie entre 16 et 29 %. Ces exploitations sont classées comme « Systèmes intégrés ». Enfin, les exploitations ayant un ICE très faible, caractérisés par l'absence d'animaux ou une utilisation limitée de la matière organique animale sur une petite portion de la surface cultivée, sont considérées comme des « Systèmes peu intégrés », avec un ICE compris entre 6 et 9 %.

Ce gradient d'intégration a été établi en prenant en compte les exploitations enquêtées. Toutefois, pour la comparaison avec les indicateurs de biodiversité, seules 6 exploitations seront analysées, car ce sont les seules pour lesquelles nous disposons de l'ensemble des données nécessaires.

d. Comparaison des performances, de la biodiversité et de l'interaction culture-élevage

Afin de comparer les performances agricoles et économiques des exploitations en fonction de l'intégration culture-élevage et de la biodiversité, nous commençons par réaliser une Analyse en Composantes Principales (ACP). Cette analyse nous permettra d'examiner les corrélations entre les différents indices calculés.

Ensuite, nous tracerons diverses courbes en indiquant un indice de performances sur l'axe des ordonnées et les niveaux d'intégrations culture-élevage sur l'axe des abscisses. L'objectif est d'analyser l'évolution de la biodiversité, qu'elle soit spontanée et cultivée. Pour ce faire nous utiliserons R. Tous les indices calculés sont présentés sous forme de tableau (tableau 3), qui inclut également les moyennes, les variances, et les répartitions pour chacun des index, offrant ainsi une vue d'ensemble des données.

	ICE Totale (%)	Dépendance de l'exploitation (%)	Productivité de l'exploitation (%)	Efficience de l'exploitation (%)	Résilience de l'exploitation	Marge brute en €/ha	Revenus nets en €	Productivité du travail en €/h	Autonomie en %	IBT1	IBT2
Exploitation 03	29,3	20,2	1	5	0,69	20431,8	19501,5	8	82,9	1,33	4,01
Exploitation 04	46,3	2,7	2,1	78	0,82	31372	29291	10,8	100	3,41	3,87
Exploitation 05	47,9	0,2	3,7	1633	0,66	1732	-386,8	0,7	100	2,64	3,46
Exploitation 06	6	42,2	3,6	9	0,37	269756,8	208048,8	30,9	74,8	4,09	1,79
Exploitation 07	21,9	28,1	0	0	0,59	89231	82792	25,8	0	3,09	4,21
Exploitation 08	47,2	1,6	2,4	148	0,71	114438	111630	19,1	100	3,59	5,42
Min	6	0,2	0	0	0,37	1732	-386,8	0,7	0	1,33	1,79
1st Quartile	23,75	1,88	1,28	6	0,61	23167	21948,9	8,7	76,83	2,75	3,56
Médiane	37,8	11,45	2,25	43,5	0,68	60302	56041,5	14,95	91,45	3,25	3,94
Moyenne	33,1	15,83	2,13	312,2	0,64	87827	75146,1	15,88	76,28	3,03	3,79
3ième Quartile	46,98	26,13	3,3	130,5	0,71	108136	104420,5	24,12	100	3,55	4,16
Max	47,9	42,2	3,7	1633	0,82	269757	208048,8	30,9	100	4,09	5,42

Tableau 3 : Performances et index de biodiversité totale

III. Résultats et discussion

1- Influence des pratiques agroécologiques sur la présence des fourmis et de l'orientation des exploitations sur l'usage des arbres.

a. Présence et diversité des fourmis sur parcelles diversifiées et non diversifiées.

La collecte des données sur les fourmis a permis de recueillir des informations précises concernant plusieurs paramètres : le nombre de nids de différentes espèces présents sur chaque parcelle, le nombre d'entrées de nids, le nombre de trajets empruntés par les fourmis, ainsi que le nombre d'échantillons d'espèces distinctes collectés sur les parcelles. Afin d'évaluer l'impact des différents types de parcelles sur la présence et la diversité de fourmis, nous avons comparé les résultats obtenus sur deux types de parcelles. En cas de différence significative, l'objectif était de déterminer quelle pratique ou parcelles favorisait davantage la présence et la diversité des fourmis.

Pour cela, nous avons effectué un test de Mann-Whitney pour chacune des variables mesurées, en comparant systématiquement les parcelles diversifiées avec les parcelles non diversifiées. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau 4.

Le test statistique a révélé une p-value supérieure à 0,05 pour les variables suivantes : « Entrées de nids de fourmis manioc », « Entrées nids de fourmis de feu », « Nids fourmis manioc », « Nids fourmis de feu », et « Nids autres ». Cela signifie que nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle. Autrement dit, nous ne pouvons pas conclure à une différence significative entre les deux types de parcelles pour chacune de ces variables, soit pas d'effet des pratiques agricoles sur cette biodiversité compagne.

La seule variable pour laquelle la comparaison entre parcelle diversifiées et non diversifiées présente une p-value inférieure au seuil de signification de 0,05 est celle « nombre d'échantillons prélevés ». Cela nous permet de rejeter l'hypothèse nulle. Autrement dit, les différences observées entre les deux types de parcelles sont statistiquement significatives, ce qui indique qu'il est peu probable que ces différences soient dues au hasard. Il existe donc une différence significative entre les parcelles diversifiées et non diversifiées. En analysant les moyennes, il apparaît que la parcelle diversifiée présente une moyenne plus élevée que celle de la parcelle non diversifiée. Plus précisément, la parcelle diversifiée, caractérisée par des pratiques agroécologiques (intégration culture-élevage et/ou diversification culturelle), favorise une plus grande diversité de fourmis, avec une moyenne de 3,83 espèces différentes contre 1,33 pour les parcelles non diversifiées.

Variabes	Moyenne échantillons parcelle diversifiée	Moyenne échantillons parcelle non diversifiée	p-value
Chemin fourmis manioc	0	0,17	0,40
Entrées nids fourmis manioc	0	1,67	0,40
Entrées nids fourmis de feu	0,17	0	0,40
Nids fourmis manioc	0	0,17	0,40
Nids fourmis de feu	0,17	0	0,40
Nids autres	2,5	1,67	0,72
Nbre Échantillons prélevés	3,83	1,33	0,048

Tableau 4 : Comparaison des moyennes des échantillons entre parcelles diversifiées et non diversifiées

b. Comparaison de l'utilisation des arbres par les agriculteurs

Nous allons maintenant procéder à l'analyse des données recueillies sur l'utilisation des arbres par les agriculteurs, basé sur 9 exploitations enquêtées. Le questionnaire utilisé comportait des questions relatives aux différentes fonctions des arbres. Afin de comprendre les corrélations entre ces usages et d'identifier d'éventuels groupes d'agriculteurs, nous avons effectué une Analyse en Composantes Principales (ACP), même si le nombre de données était très réduit.

Les résultats, illustrés par la figure 8 révèlent des corrélations positives entre les variables « Ombre » (Shade) et « Alimentation » (Food), ainsi qu'entre « Ombre » et « Fourrage » (Feed). Cela suggère que les agriculteurs qui élèvent des animaux et utilisent les arbres pour les nourrir attachent une importance particulière à la présence d'ombre sur leur exploitation. Cette relation est confirmée par l'ACP (figure 8), qui montre un angle aigu entre ces deux variables.

Par ailleurs, l'analyse met en évidence que les agriculteurs utilisant les arbres pour procurer de l'ombre consomment également les fruits de ces arbres. De plus, les angles aigus observés entre les variables « Vente » (Sales), « Biomasse » (Biomass) et « Médicinal » (Razyé) indiquent une corrélation positive entre ces variables. On peut en déduire que les agriculteurs qui produisent des arbres à des fins alimentaire et médicinale tendent également à

commercialiser leur production. A l'inverse, l'angle presque droit entre les variables « Ombre », et « Biomasse » suggère une indépendance entre ces deux usages, indiquant qu'un agriculteur utilisant les arbres pour la production de fruits ne les exploite pas nécessairement pour fournir de l'ombre.

En ce qui concerne la répartition des exploitations selon l'utilisation des arbres, la figure 9 ne montre pas de regroupements distincts d'agriculteurs. Cependant, les exploitations 7 et 8 semblent davantage orientées vers l'élevage, comme le montre leur position sur le graphique, tandis que les exploitations 2 et 3 semblent accorder plus d'importance à la production végétale.

Les résultats obtenus apportent des informations précieuses sur les pratiques des agriculteurs en matière d'utilisation des arbres, en identifiant certaines tendances et associations entre les différentes fonctions des arbres et les variables étudiées. Toutefois, il convient de noter que la taille de l'échantillon analysé est relativement limitée, ce qui peut affecter la robustesse des résultats et leur généralisation à une population plus large. Une collecte de données supplémentaire serait nécessaire pour permettre une analyse plus fiable et représentative.

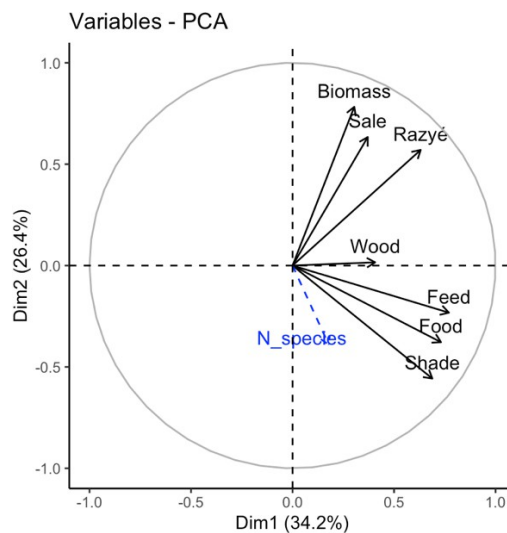


Figure 8 : Analyse en Composante Principale des exploitations en fonction de l'utilisation des arbres par les agriculteurs

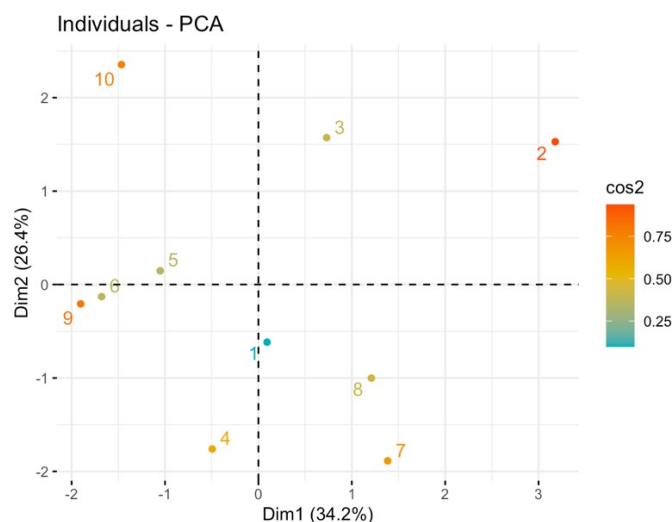


Figure 9 : Répartition des agriculteurs selon leurs utilisations des arbres

2- Comparaison des performances agroécologiques et économiques avec la biodiversité des exploitations.

Dans cette section, nous analysons la corrélation entre les performances des exploitations agricoles et la biodiversité présente au sein de celles-ci. Les résultats obtenus pour notre échantillon (figure 10) montrent une corrélation positive entre la biodiversité cultivée (IBT2) et le pourcentage d'intégration culture-élevage. Cela est cohérent, car une plus grande diversité d'espèces cultivées favorise une meilleure intégration des différentes activités agricoles. Ainsi, les exploitations ayant une biodiversité cultivée élevée tendent à intégrer plus étroitement les cultures et l'élevage, renforçant ainsi leur polyvalence.

Par ailleurs, une forte corrélation négative est observée entre la biodiversité cultivée et la dépendance de l'exploitation. Cette relation suggère que plus l'indice de biodiversité cultivée est élevé, plus l'exploitation tend à être autonome. Une biodiversité riche est donc associée à une stratégie visant à réduire la dépendance aux intrants externes, en optimisant la circularité des flux d'azote.

De plus, une corrélation positive est identifiée entre l'IBT2 et la résilience des exploitations. Les exploitations qui intègrent une plus grande diversité de production augmentent leur capacité à résister aux aléas. Cela démontre que la diversité des espèces cultivées joue un rôle essentiel dans l'amélioration de la résilience des exploitations face aux perturbations.

En ce qui concerne la biodiversité compagne (IBT1), nous observons une légère corrélation positive avec la productivité globale de l'exploitation. En outre l'IBT1 présente des corrélations plus marquées avec des indicateurs économiques tels que la marge brute, les revenus nets et la productivité du travail. Cela indique que la biodiversité compagne est un bon indicateur des performances économiques des exploitations.

Cependant, une corrélation légèrement négative entre l'IBT1 et la résilience est également relevée. Cela pourrait suggérer qu'une forte abondance de biodiversité compagne peut parfois nuire à la résilience des exploitations, possiblement en introduisant des espèces concurrentes ou nuisibles qui compliquent la gestion agricole.

En croisant ces corrélations avec la représentation graphique des différentes performances dans notre échantillon (figure 10), nous observons un angle aigu entre l'IBT2, la résilience et l'ICE totale (intégration culture-élevage). De même, pour l'IBT1, il existe une association avec la marge brute, le revenu net, la productivité du travail et la productivité globale de l'exploitation. Ces observations suggèrent que les agriculteurs dont les exploitations sont plus résilientes possèdent un indice élevé de biodiversité cultivée et un fort taux d'intégration culture-élevage. Parallèlement, les exploitants ayant un indice élevé de biodiversité compagne semblent obtenir de meilleures performances économiques et une productivité accrue.

Par ailleurs, il est surprenant de constater une absence de corrélation significative entre l'autonomie, l'efficacité et les indices de biodiversité dans les exploitations étudiées. La littérature scientifique suggère en effet que la biodiversité tend à améliorer la productivité agricole, notamment par l'apport d'auxiliaires de cultures, l'amélioration de la structure des sols, et la régulation des ravageurs. Il aurait donc été attendu de trouver un lien positif entre ces variables. Cette absence de relation soulève des questions quant aux spécificités des exploitations analysées ou la nature des relations entre ces différents facteurs.

Nous nous tournons maintenant vers l'analyse de la répartition des exploitations en fonction de leurs performances et de leurs indices de biodiversité (figure 11). Bien que les résultats ne révèlent pas de groupe d'exploitations homogènes, certaines similitudes peuvent être observées ; Par exemple, les exploitations 4 (2 sur le graphique), 5 (3 sur le graphique), et 8 (6 sur le graphique) se distinguent par une tendance à valoriser l'autonomie, la résilience et l'ICE. Cela suggère que ces exploitations, malgré des différences, partagent un modèle de gestion qui leur permet de réduire leur dépendance vis-à-vis des intrants extérieurs tout en augmentant leur capacité à faire face aux aléas et en maximisant les synergies entre culture et élevage.

En ce qui concerne la biodiversité, l'exploitation 3 (1 sur le graphique) se démarque par son accent mis sur la biodiversité cultivée et la résilience. Cela indique que la diversité des cultures et des élevages est utilisée comme levier pour renforcer la robustesse de l'exploitation face aux perturbations, qu'elles soient d'origine climatique ou économique. En parallèle, l'exploitation 6 (4 sur le graphique) privilégie la biodiversité compagne, ce qui est associé à de meilleures performances économiques et une productivité accrue. Ce lien entre biodiversité compagne et performance économique pourrait s'expliquer par les effets positifs des espèces compagnes sur la fertilité des sols (comme l'amélioration de la teneur en matière organique), ainsi que par leur rôle dans la réduction des coûts d'intrants externes.

Ces observations mettent en lumière plusieurs points d'intérêt. D'une part, la valorisation de l'autonomie, de la résilience et de l'intégration culture-élevage dans certaines exploitations suggère que ces dimensions pourraient être interconnectées et contribuer à maximiser l'efficacité globale de l'exploitation. Cette stratégie est particulièrement pertinente dans le contexte de la Guadeloupe, où la dépendance à l'importation d'aliments pour le bétail reste une problématique majeure. En renforçant leur autonomie, ces exploitations parviennent à réduire cette dépendance, tout en optimisant leurs ressources internes.

D'autre part, la distinction entre les exploitations favorisant la biodiversité cultivée et celles favorisant la biodiversité compagne révèle deux stratégies agricoles distinctes mais potentiellement complémentaires. La biodiversité cultivée semble être un facteur clé pour améliorer la résilience des exploitations, ce qui est crucial dans un contexte de fluctuations du marché ou de conditions climatiques défavorables, particulièrement en Guadeloupe. A

l'inverse, la biodiversité compagne est davantage corrélée aux performances économiques, suggérant que ces exploitations se concentrent sur l'efficacité et la rentabilité à court terme.

Enfin, l'absence de groupes d'exploitations homogènes indique que les résultats sont propres aux exploitations étudiées. Celles-ci semblent adapter leurs stratégies en fonction de leurs contraintes spécifiques, qu'il s'agisse des ressources disponibles, des conditions environnementales ou des objectifs économiques. Il apparaît donc nécessaire d'élargir l'échantillon d'exploitations pour obtenir des résultats plus représentatifs des systèmes de polyculture-élevage biologiques et « bio-like » en Guadeloupe. Une étude à plus grande échelle permettrait de mieux comprendre les dynamiques entre biodiversité, autonomie, résilience et performances économiques, et de dégager des tendances plus généralisables.

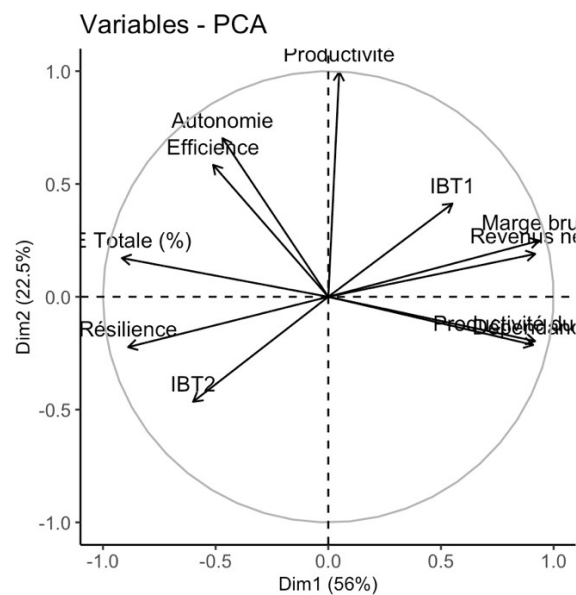


Figure 10 : Analyse en Composantes Principales des exploitations en fonctions des performances et de la biodiversité

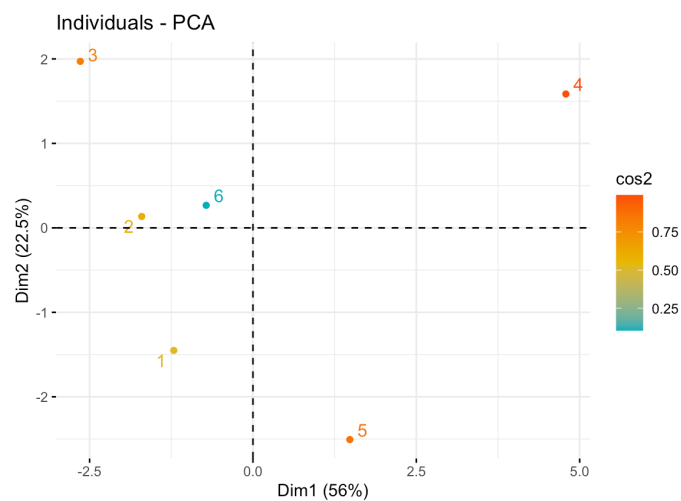


Figure 11 : Répartition des exploitations selon leurs performances

3- Evolution des performances agroécologiques des exploitations en fonction de leur diversité cultivée.

Les résultats précédents nous ont permis d'avoir une vue d'ensemble sur les corrélations entre les différentes performances et la biodiversité, nous analysons maintenant le poids respectif des exploitations sur ces relations.

a. Dépendance et productivité de l'exploitation

En effet, les courbes tendances (figure 12) montrent plusieurs éléments intéressants concernant la relation entre la biodiversité cultivée (IBT2), la dépendance de l'exploitation et la productivité de l'exploitation.

Premièrement, la courbe de tendance pour la variable « dépendance » indique que plus l'IBT2 est faible, plus l'exploitation dépend de flux d'azote externes. Cela suggère que les exploitations avec une biodiversité cultivée plus faible sont plus dépendantes des intrants externes, probablement parce qu'elles ne maximisent pas les synergies internes au sein de leur système agricole. Cependant, en observant le nuage de points, il apparaît qu'une seule exploitation, qui est la moins intégrée de l'échantillon, influence fortement la courbe de tendance ($r^2=0,2062$). Cette exploitation tire la courbe vers le haut, ce qui pourrait limiter la généralisation de cette relation à l'ensemble des exploitations.

En ce qui concerne la productivité, la courbe de tendance montre une corrélation quasi-nulle entre l'IBT2 et la productivité ($r^2=0,0124$). Cela signifie qu'en moyenne, la biodiversité cultivée n'explique pas les variations de productivité. Toutefois, on remarque une tendance où les exploitations ayant un IBT2 plus élevé tendent à être plus productives. Une exploitation en particulier se distingue par un IBT2 élevé et une très forte productivité, indiquant à la fois une biodiversité élevée et une productivité optimisée.

Bien que la biodiversité cultivée (IBT2) puisse réduire la dépendance aux flux externes, son impact sur la productivité est moins clair, avec quelques exploitations qui sortent du lot. Pour tirer des conclusions plus solides, il serait nécessaire de réaliser une analyse sur un échantillon plus large afin de mieux comprendre ces dynamiques et d'évaluer la validité des tendances observées.

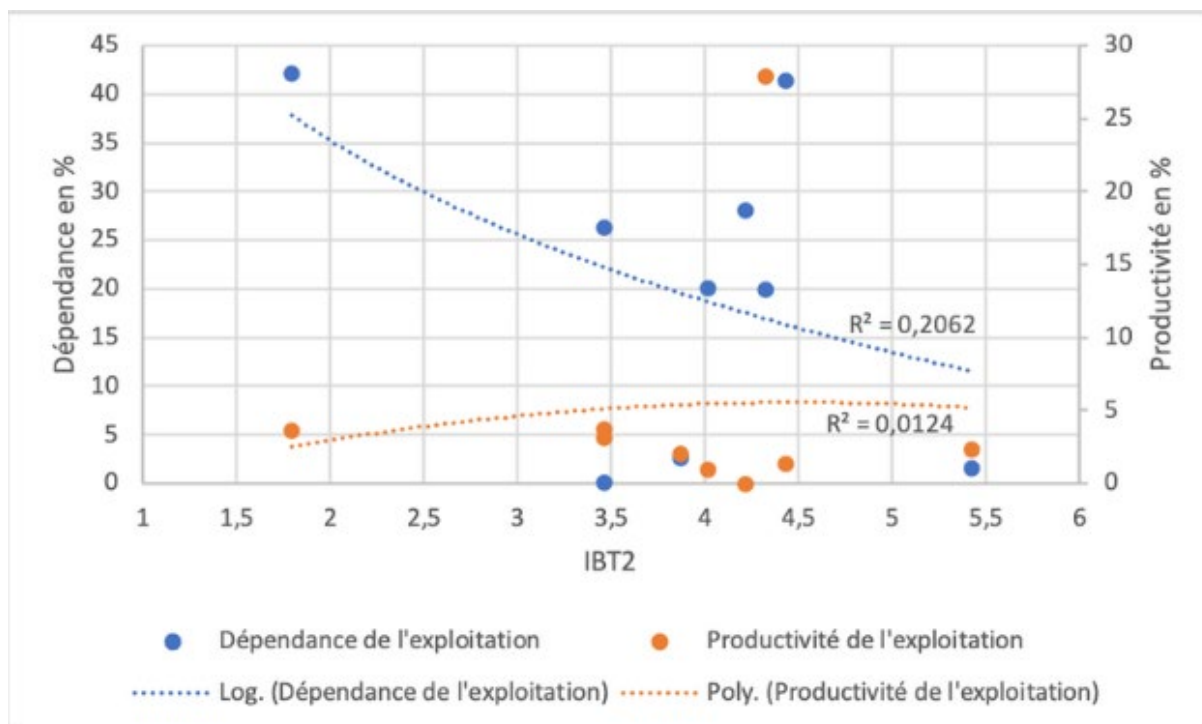


Figure 12 : Evolution de la dépendance aux apports d'azote entrants et de la productivité en fonction de l'IBT2

b. Efficience et résilience

L'analyse du graphique (figure 13) concernant l'impact de la biodiversité cultivée (IBT2) sur l'efficience et la résilience des exploitations agricoles permet de dégager plusieurs conclusions importantes.

Premièrement, la courbe de tendance pour la résilience des exploitations ($r^2 = 0,3213$) montre une relation croissante avec l'indice de biodiversité cultivée. Cela signifie que plus l'IBT2 est élevé, plus les exploitations sont résilientes. En d'autres termes, la diversification des cultures favorise la capacité des exploitations à s'adapter aux aléas, qu'ils soient climatiques, économiques ou sanitaires. Ce résultat est confirmé par le nuage de points, où toutes les exploitations suivent cette tendance. Ainsi, malgré la taille limitée de l'échantillon, cette conclusion est robuste et cohérente avec la littérature scientifique, qui souligne que des systèmes agricoles plus diversifiés offrent une meilleure capacité d'adaptation aux perturbations.

En revanche, la courbe de tendance concernant l'efficience des exploitations montre une relation inverse : plus l'IBT2 augmente, moins l'exploitation semble efficiente. Cela suggère qu'une plus grande biodiversité cultivée pourrait réduire l'efficacité à court terme des exploitations, probablement en raison de la complexité accrue de la gestion des systèmes agricoles diversifiés. Toutefois, un point aberrant est identifié, où une exploitation affiche à la fois un IBT2 élevé et une forte efficience. Ce cas pourrait indiquer des stratégies spécifiques ou des conditions particulières permettant à cette exploitation d'être à la fois diversifiée et efficiente, malgré la tendance générale observée.

En résumé, ces résultats suggèrent que la biodiversité cultivée (IBT2) est un facteur clé pour améliorer la résilience des exploitations agricoles, mais qu'elle pourrait, dans un certain cas,

diminuer leur efficacité à court terme. Des analyses supplémentaires seraient nécessaires pour explorer en détail les raisons de cette relation, en particulier les facteurs qui permettraient à certaines exploitations d'être à la fois hautement diversifiées et efficaces.

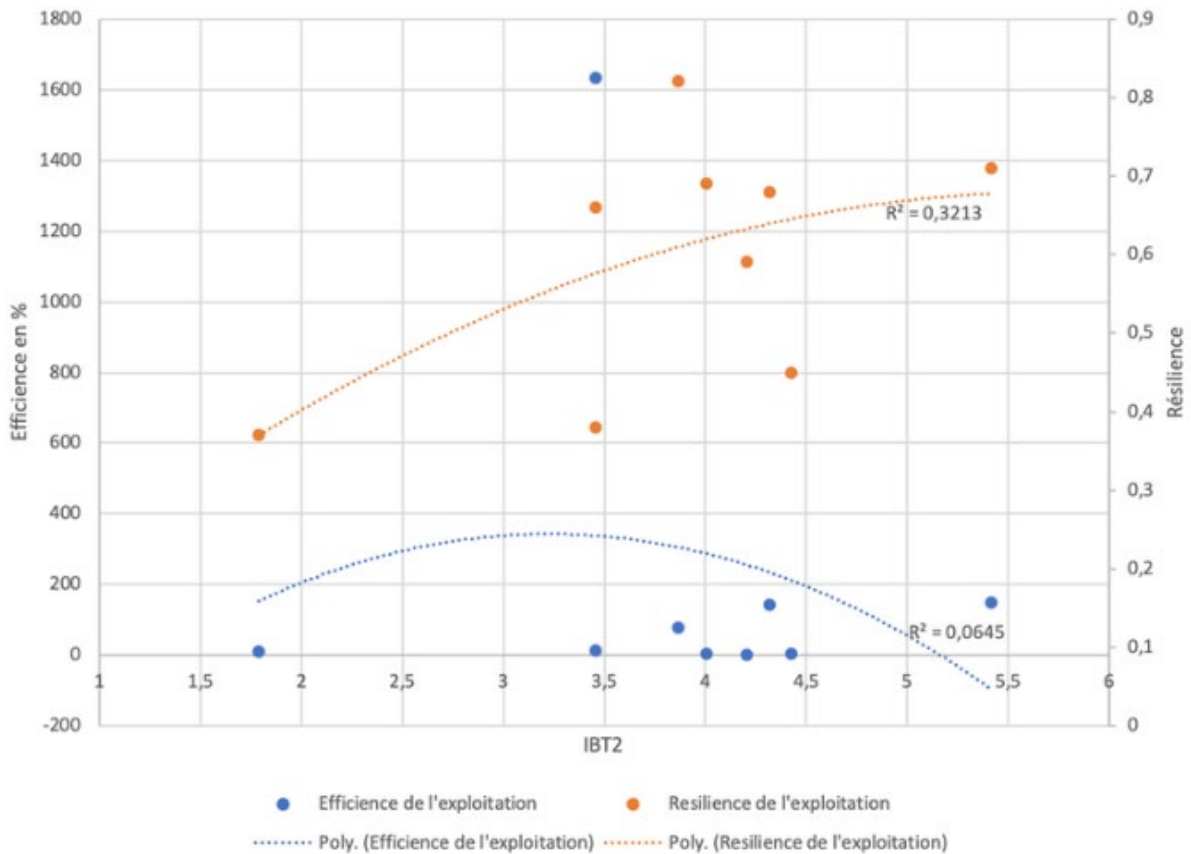


Figure 13 : Courbe de tendance de l'efficacité et de la résilience de l'exploitations en fonction de l'IBT2

c. Influence de la biodiversité sur l'intégration culture-élevage

L'analyse du graphique (figure 14) concernant l'influence de la biodiversité cultivée (IBT2) sur l'intégration culture-élevage (ICE) met en évidence plusieurs points importants.

Tout d'abord, la courbe de tendance montre une relation positive entre l'augmentation de l'IBT2 et le niveau d'intégration culture-élevage (ICE). Plus l'indice de biodiversité cultivée est élevé, plus le système agricole tend à intégrer les interactions entre les activités de culture et d'élevage. Cela suggère que la diversification des espèces végétales et animales dans l'exploitations favorise une meilleure synergie entre ces deux composantes. En d'autres termes, une plus grande biodiversité cultivée semble encourager l'utilisation des ressources de manière plus efficace et circulaire, renforçant ainsi l'intégration des pratiques agricoles.

L'analyse du graphique distingue trois catégories d'intégration : les « Systèmes peu intégrés », les « Systèmes intégrés », et les « Systèmes très intégrés ». Parmi les exploitations observées, une seule appartient à la catégorie des « Systèmes peu intégrés », 8 appartiennent aux « Systèmes intégrés », et une seule est classée dans la catégorie des « Systèmes très intégrés ». Cela confirme que la majorité des exploitations étudiées atteignent un niveau d'intégration

culture-élevage modéré, tandis que les systèmes faiblement ou très fortement intégrés sont moins représentés.

Toutefois, la représentativité des catégories « Systèmes peu intégrés » et « Systèmes très intégrés » peut être discutée, car elles ne comptent chacune qu'une seule exploitation. Ces deux cas pourraient donc influencer de manière disproportionnée les résultats de l'analyse, limitant la généralisation des conclusions à l'ensemble des exploitations agricoles. Il serait utile d'étudier un échantillon plus large pour renforcer la robustesse des résultats et mieux comprendre comment la biodiversité cultivée influe sur l'intégration culture-élevage dans différents types de systèmes agricoles.

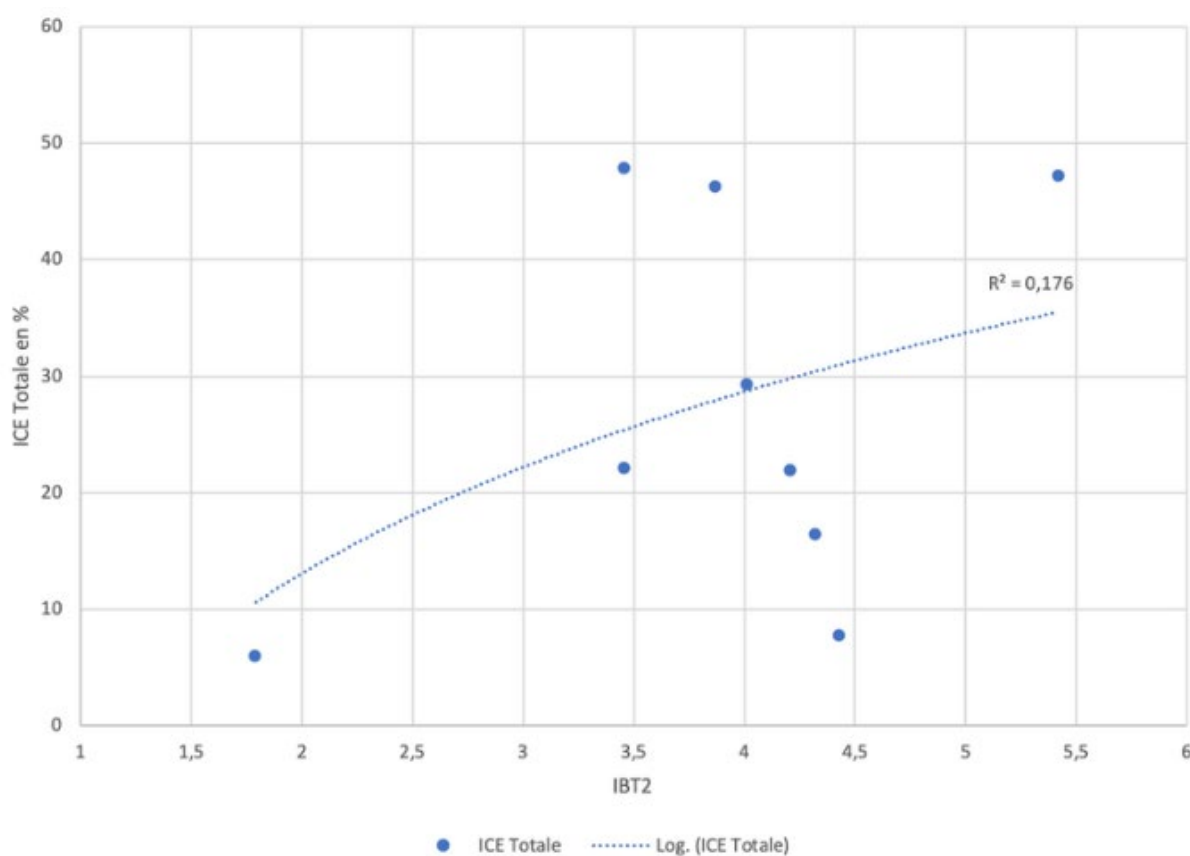


Figure 14 : Courbe de tendance de l'ICE totale des exploitations en fonction de l'IBT2

IV. Conclusion

L'agriculture guadeloupéenne fait face à des défis majeurs, tels que le changement climatique et la mondialisation des marchés. Dans ce contexte, le renforcement des pratiques agroécologiques au sein des exploitations familiales en polycultures-élevages, qui prédominent sur le territoire, apparaît crucial. Pour cela, l'évaluation de leur multi performance repose sur deux leviers principaux : la biodiversité cultivée et l'intégration culture-élevage.

Dans le cadre du projet INRAE MakiBio, j'ai mené, en collaboration avec 2 étudiants, une enquête sur le terrain auprès de 10 exploitations bio et bio-like, dans le but de collecter des données agroécologiques (notamment les flux d'azote via la méthode ENA) et

socioéconomiques. Les observations sur la biodiversité cultivée et compagne ont été complétées pour 6 de ces exploitations. D'autres indicateurs, notamment relatifs à la santé et aux fonctions du sol, seront disponibles ultérieurement après analyse.

Les résultats montrent que la diversité spécifique des fourmis augmente avec l'intégration des pratiques et la biodiversité sur les parcelles. Par ailleurs, des connaissances supplémentaires ont été apportées sur l'utilisation des arbres dans ces systèmes de polyculture-élevage. Les agriculteurs qui valorisent les arbres pour l'ombrage consomment aussi leurs fruits et nourrissent leurs animaux avec le feuillage ou les écarts de récolte. Ceux qui cultivent des arbres pour leurs fruits et leurs propriétés médicinales tendent à commercialiser leur production.

Les exploitations affichant une biodiversité cultivée élevée favorisent également une forte intégration entre cultures et élevages, intensifiant ainsi les flux internes d'azote. Cette biodiversité cultivée améliore nettement la résilience et l'autonomie en intrants des exploitations, mais n'a pas d'effet significatif sur l'efficacité, la productivité ou les performances économiques. En revanche, la biodiversité compagne semble corrélée positivement avec les performances économiques, sans toutefois influencer les performances agroécologiques.

Cependant, la taille réduite de l'échantillon enquêté ne permet pas d'identifier clairement un optimum des performances agroécologiques en fonction de la biodiversité cultivée, ni un optimum des performances économiques lié à la biodiversité compagne.

Il est essentiel de souligner que la taille restreinte de l'échantillon impose de la prudence dans l'interprétation des résultats. Des contraintes externes, comme les aléas climatiques, des annulations d'agriculteur, et des difficultés logistiques, ont empêché d'atteindre l'objectif initial de 30 exploitations. Pour approfondir cette étude, il serait pertinent de travailler sur un échantillon plus large et d'étendre la durée de l'observation.

Mieux comprendre l'impact de la biodiversité cultivée et compagne sur les performances agroécologiques et économiques des exploitations en polyculture-élevage permettrait d'éclairer à la fois agriculteurs et scientifiques sur les compromis possibles entre biodiversité et ICE. Cela contribuerait à optimiser la multi performance des exploitations agricoles familiales en Guadeloupe et à renforcer la souveraineté alimentaire du territoire.

Durant ce stage, j'ai pu découvrir plus en détails le fonctionnement des exploitations agricoles familiales en Guadeloupe, étant moi-même guadeloupéenne, je ne connaissais même pas la moitié de toutes les connaissances que j'ai pu acquérir durant ces 4 mois.

Ce stage m'a fait grandir car faire partie d'un projet d'une si grande envergure m'a forgé, il y a quelques moments de pressions, de stresses, l'impression que l'avenir de la planète se reposait sur mes épaules, mais ce n'était qu'une phase que j'ai réussi à gérer avec le soutien de mes encadrants surtout Nathalie MANDONNET.

Aujourd'hui j'ai plus conscience du contexte dans lequel je me trouve, j'ai pu rencontrer des gens formidables, des agriculteurs dévoués pour leur passion et soucieux de l'avenir. La main d'œuvre qu'on a apporté m'a aussi beaucoup appris, non seulement sur la difficulté de la tâche mais cela a consolidé mes perspectives de projets futurs après l'obtention de mon diplôme.

D'un avis personnel, je trouve que le milieu tropical est compliqué à étudier car il nécessite des outils et des méthodes spécifiques qu'il faut pouvoir adapter grâce aux experts, à la littérature... Nous avons été confrontés à pas mal de difficultés et je pense que les autres pays sur le même projet que nous n'ont pas eu ce mal, mais ce fut une expérience unique. Cependant, il s'agit d'un milieu riche, qui ne demande qu'à être encore plus développé et enrichi et je me ferai un plaisir à l'avenir d'y contribuer.

FEUILLET 4 – Synthèse de vos résultats et recommandations

PREMIERE ETAPE :

I. Récapitulatif des apports de mon travail pour l'entreprise

Dans le cadre de mon stage à INRAE, j'ai apporté des éléments nouveaux pour construire des connaissances nouvelles, qui répondent directement à la mission qui m'a été confiée. Mon travail a ainsi contribué à deux études de plus grande ampleur. Le projet Makibio, auquel mon travail est directement lié, a pour objectifs de construire un outil d'évaluation des exploitations familiales en Guadeloupe et de déterminer l'optimum de leurs performances agroécologiques sur un échantillon de 30 fermes, en fonction de l'intensité des pratiques d'intégration culture-élevage et de la biodiversité cultivée. Le projet Agroecology-TRANSECT quant à lui, compare ces performances de façon transversale avec celles recueillies de façon identique dans 10 autres pôles d'innovation en Europe. Ainsi, mon stage apporte sa contribution scientifique à la compréhension des compromis possibles entre la biodiversité et les performances (autonomie, efficacité, résilience, productivité). Mon second apport est un apport technique avec l'élaboration de procédures d'échantillonnage de la biodiversité cultivée et compagne sur les exploitations et d'une grille d'enquête pour caractériser la stratégie de gestion de ces biodiversités par les agriculteurs.

Mon enquête sur 10 exploitations agricoles en Guadeloupe a confirmé l'importance d'intégrer des pratiques agroécologiques et de biodiversité dans les systèmes de production. Les résultats montrent que certaines exploitations, valorisent l'autonomie et la résilience afin de renforcer leur durabilité.

Au cours de mes investigations, j'ai découvert des liens significatifs entre la biodiversité cultivée et la performance économique des exploitations. Par exemple, l'exploitation 6 a démontré que la biodiversité compagne peut améliorer la fertilité des sols et réduire les coûts d'intrants, ce qui n'était pas explicitement connu avant mon arrivée. Ces résultats soulignent l'importance d'une approche intégrée qui combine culture et élevage pour maximiser les synergies et l'efficacité globale des exploitations.

Certaines hypothèses initiales concernant la dépendance des exploitations aux intrants extérieurs ont été nuancées. Bien que de nombreuses exploitations soient encore dépendantes, celles qui adoptent des pratiques agroécologiques montrent une tendance à réduire cette

dépendance, ce qui remet en question l'idée que toutes les exploitations doivent nécessairement recourir à des intrants externes pour être rentables.

J'ai contribué à l'organisation d'un atelier participatif au cours duquel les agriculteurs ont exprimé des préoccupations sociales concernant l'attractivité de leur profession pour les jeunes. Cela ouvre la voie à des initiatives pour rendre l'agriculture plus attrayante et les exploitations plus facilement transmissibles, ce qui n'avait pas été pris en considération auparavant.

Les résultats de mon enquête offrent des perspectives intéressantes pour le système productif décrit dans le feuillet 2. En intégrant les indicateurs de performances écologiques et en développant un tableau de bord adapté aux besoins de l'agriculteur, nous avons analysé sa stratégie de transition agroécologique et dégagé des pistes d'amélioration. Cela pourrait également encourager une meilleure gestion des ressources naturelles et une plus grande résilience face aux aléas climatiques.

Enfin, mon travail soulève de nouvelles questions qui méritent d'être explorées. Par exemple, comment les exploitations peuvent-elles mieux collaborer pour partager des ressources et des connaissances ? Quelles stratégies peuvent être mises en place pour attirer les jeunes vers l'agriculture ? Ces questions pourraient orienter de futures recherches et initiatives, permettant d'approfondir notre compréhension des dynamiques agricoles en Guadeloupe.

En tant que Guadeloupéenne, ma connaissance du terrain et du territoire a été un atout précieux dans ma communication avec les agriculteurs. Cette familiarité m'a permis d'établir un rapport de confiance et faciliter les échanges. Mon enracinement local a également enrichi ma compréhension des enjeux spécifiques auxquels font face les exploitations agricoles, renforçant ainsi la pertinence de mes observations et recommandations.

DEUXIEME ETAPE

II. Discussion de la validité du travail réalisé

Mon stage sur l'impact de l'intégration cultures-élevages sur les performances agroécologiques des exploitations agricoles en Guadeloupe a permis de recueillir des données significatives qui confirment certaines hypothèses tout en nuancant d'autres. Les résultats montrent que les exploitations qui adoptent des pratiques agroécologiques et favorisent la biodiversité cultivée tendent à améliorer leur autonomie et leur résilience face aux défis environnementaux et économiques. Cela valide l'orientation stratégique de l'entreprise vers le soutien de pratiques durables et intégrées.

Validité des résultats :

La validité des résultats est discutable sur plusieurs points :

1) Conformité avec les connaissances déjà existantes :

Les résultats prouvent des études antérieures sur l'importance de la biodiversité et la réduction des intrants pour la santé des sols (Starck et al , 2016). Cependant, ils apportent également des éléments nouveaux, notamment sur les synergies entre

cultures et élevages, qui n'avaient pas été suffisamment explorées dans le contexte guadeloupéen.

2) **Méthodologie :**

Les enquêtes menées sur le terrain, bien que représentatives d'une diversité de pratiques et de points de vue, repose sur un échantillon limité de 10 exploitations. Cela soulève des questions sur la généralisation des résultats à l'ensemble des exploitations en Guadeloupe. De plus, la méthode d'enquête, bien que qualitative et participative, pourrait introduire des biais liés à la subjectivité des réponses des agriculteurs. Par ailleurs, les enquêtes étaient longues à renseigner et cela a pu rendre les réponses imprécises en fin d'interview, par lassitude. Pour échantillonner la biodiversité compagne sur l'exploitation nous avons choisi une parcelle témoin avec le moins d'interactions animal*culture et la moins diversifiée. Cependant, les parcelles témoins de toutes les exploitations n'étaient pas forcément comparables (historique, temps de repos...).

Limite du travail :

Les limites de mon travail pour la structure qui m'accueille incluent :

- **Echantillon restreint :** L'échantillon de 10 exploitations, bien que diversifié, ne permet pas de tirer des conclusions définitives sur l'ensemble des pratiques agricoles en Guadeloupe. Une étude plus large serait nécessaire pour valider les résultats.
- **Temporalité :** Les enquêtes ont été réalisées sur une période limitée, ce qui ne permet pas d'évaluer les effets à long terme des pratiques agroécologiques sur les performances des exploitations.
- **Complexité des systèmes :** Les systèmes agricoles sont complexes et influencés par de nombreux facteurs externes (économiques, climatiques, sociaux). Mon étude n'a pas pu prendre en compte toutes ces variables, ce qui pourrait limiter la portée des conclusions.

Interrogations et perspectives :

Les résultats suscitent plusieurs interrogations :

-Comment les exploitations peuvent-elles collaborer pour maximiser les synergies entre cultures et élevages ?

-Quelles stratégies peuvent être mises en place pour attirer les jeunes vers l'agriculture et rendre la profession plus attrayante ?

Ces questions pourraient orienter de futures recherches, pour pouvoir approfondir notre compréhension des dynamiques agricoles en Guadeloupe.

Enseignements et approfondissements :

Pour approfondir et confirmer ces résultats, plusieurs pistes peuvent envisagées :

- 1) **Elargissement de l'échantillon :** Mener des enquêtes sur un plus grand nombre d'exploitations pour obtenir une vision plus représentative des pratiques agricoles en Guadeloupe.

- 2) **Suivi sur le long terme** : Mettre en place un suivi des exploitations sur plusieurs années pour évaluer l'impact à long terme des pratiques agroécologiques sur les performances.
- 3) **Analyse comparative** : Comparer les résultats obtenus avec d'autres régions ou pays ayant des systèmes agricoles similaires pour identifier des tendances et des pratiques efficaces.
- 4) **Ateliers participatifs** : Organiser des ateliers avec les agriculteurs pour discuter des résultats et co-construire des solutions adaptées à leurs besoins et contextes spécifiques.

En conclusion, bien que mon travail ait apporté des résultats significatifs et cohérents par rapport aux connaissances antérieures, il est essentiel de reconnaître ses limites et d'envisager des approches complémentaires pour renforcer la pertinence et l'impact des recommandations pour l'entreprise. Une meilleure prise en compte du contexte local et des dynamiques sociales sera cruciale pour maximiser les bénéfices des pratiques agroécologiques en Guadeloupe.

TROISIEME ETAPE

III. Recommandations pour l'entreprise

« Les Jardins de CHAYAH » est une exploitation qui se diversifie énormément grâce aux différents projets de mon maître de stage Monsieur Latchman. Cependant, j'avance quelques recommandations qui peuvent être des éléments importants pour garantir une production durable pour l'entreprise, sur l'aspect social, économique, et environnemental. Ces recommandations sont données d'un point de vue extérieur et alimentées par les recherches, les enquêtes et les analyses que j'ai pu effectuer dans le projet MakiBio à INRAE mon entreprise d'accueil. M'appuyant sur la grille d'évaluation agroécologique produite durant mon stage, j'ai pu identifier 3 freins aux performances actuelles des Jardins de CHAYAH : nombre des ateliers, temps de travail, débouchés.

- 1) **Optimisation de l'exploitation agricole.** Continuer à diversifier les cultures et l'élevage et les produits transformés pour répondre à la demande du marché et réduire les risques économiques liés à la dépendance d'une seule culture.
- 2) **Assurer les débouchés.** Développer des partenariats avec des distributeurs locaux et des marchés bio pour garantir un accès régulier aux marchés, tout en explorant des canaux de vente en ligne pour atteindre un public plus large.
- 3) **Temps de travail.** Etablir une équipe de soutien de confiance et dynamique pour alléger la charge de travail de Monsieur Latchman. Etant donné l'ampleur des activités sur l'exploitation et la complexité des tâches administratives, il est essentiel de réfléchir au recrutement de quelques employés. Cela permettra non seulement de répartir les responsabilités et de réduire la pression sur Monsieur Latchman, mais aussi d'assurer une gestion plus efficace des opérations agricoles quotidiennes.

Par ailleurs, le dynamisme de Monsieur Latchman le porte naturellement vers des activités militantes (présidence du GDA ECOBIO). Son projet pourrait s'élargir vers 2 activités complémentaires à son entreprise agricole.

- 1) **Sensibilisation du grand public.** Promouvoir l'agritourisme, même si c'est une idée déjà en cours, en offrant des visites de la ferme, des ateliers et des séjours à la ferme, ce qui peut générer des revenus supplémentaires tout en sensibilisant le public à l'agroécologie.

Formation. Mettre en place des programmes de formation sous forme de prestations, en lien avec des organismes de formation MFR, INRAE, ou consultants pour avoir moins de temps dédié à la gestion administrative des apprenants. Elles auront aussi pour but de sensibiliser les agriculteurs aux pratiques durables et à l'importance de la biodiversité car former les agriculteurs est essentiel pour garantir l'adoption de nouvelles pratiques et l'amélioration des performances. En les sensibilisant aux enjeux environnementaux et économiques, on peut favoriser une transition vers des systèmes de production plus agroécologiques.

Bibliographie

« 384 315 habitants en Guadeloupe au 1er janvier 2021 - Insee Flash Guadeloupe - 194 ». <https://www.insee.fr/fr/statistiques/7739221>.

A Mottet, A Bicksler, et D Lucantoni. « Frontiers | Assessing Transitions to Sustainable Agricultural and Food Systems: A Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE) ». <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2020.579154/full>.

« Agreste, la statistique agricole ». <https://www.agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/>.
Altieri, M.A. 1995. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Boulder CO: Westview Press.

Altieri, Miguel A., et Victor Manuel Toledo. « The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants ». *The Journal of Peasant Studies* 38, no 3 (1 juillet 2011): 587-612. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>.

« Analyse de la nematofaune du sol ». ELISOL, 2019. Andrieu, Nadine, Genowefa Blundo-Canto, Eduardo Chia, Jean Louis Diman, Patrick Dugué, Audrey Fanchone, Fanny Howland, Salomé Ott, et Célia Poulayer. « Scenarios for an Agroecological Transition of Smallholder Family Farmers: A Case Study in Guadeloupe ». *Agronomy for Sustainable Development* 42, no 5 (13 septembre 2022): 95. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00828-x>.

Baraud, Lena. « 256 espèces de la flore de Guadeloupe menacées de disparition ». *UICN France* (blog), 21 novembre 2019. <https://uicn.fr/liste-rouge-flore-guadeloupe/>.

calameo.com. « Accélérer la transition agro-écologique en Guadeloupe ». <https://www.calameo.com/read/005986755294403efac6a>.

« Disco-Weed - Fondation pour la recherche sur la biodiversité ». <https://www.fondationbiodiversite.fr/la-frb-en-action/programmes-et-projets/le-cesab/discoweed/>.

« Dossier complet – Département de la Guadeloupe (971) | Insee ». <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=DEP-971#consulter-sommaire>.

« Étudier les fourmis face aux effets du climat | Site Web IRD ». <https://www.ird.fr/etudier-les-fourmis-face-aux-effets-du-climat>.

Gliessman, Stephen R., Eric Engles, et Robin Krieger. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. CRC Press, 1998.

Guadeloupe, Conseil Régional de. « Croissance verte | Accélérer la transition agro-écologique en Guadeloupe ». <https://www.regionguadeloupe.fr/actualites-et-agendas/toute-lactualite-du->

[conseil/detail/actualites/croissance-verte-accelerer-la-transition-agro-ecologique-en-guadeloupe/](#).

Guadeloupe, DEAL de. « Liste rouge (UICN) des espèces menacées – Flore vasculaire de Guadeloupe ». DEAL de Guadeloupe, 4 février 2020.

<https://www.guadeloupe.developpement-durable.gouv.fr/liste-rouge-uicn-des-especes-menacees-flore-a2964.html>.

Hill, Stuart B., et Rod J. MacRae. « Conceptual Framework for the Transition from Conventional to Sustainable Agriculture ». *Journal of Sustainable Agriculture*, 1 mai 1996. https://doi.org/10.1300/J064v07n01_07.

Keulen, et Johannes Schiere. « Crop-livestock systems: old wine in new bottles », 1 janvier 2004. « La Guadeloupe en bref ». <https://www.culture.gouv.fr/regions/Dac-Guadeloupe/la-direction-des-affaires-culturelles-dac-de-guadeloupe/La-Guadeloupe-en-bref>.

« L'agroécologie au service de la sécurité alimentaire et de la nutrition : actes du Symposium international de la FAO | FAO ». <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/342680/>.

« Le carbone actif », AgroEnviroLab, 2016. <https://www.agro-enviro-lab.com/fichiers/upload/SGS/4-Le%20carbone%20actif.pdf>

« Les richesses insoupçonnées du sol | INRAE ». <https://www.inrae.fr/actualites/richesses-insoupconnees-du-sol>.

« Les services écosystémiques - Les services écosystémiques ». <https://www.supagro.fr/ress-pepites/servicesecosystemiques/co/ServicesEcosystemiques.html>.

L'Europe s'engage en France, le portail des Fonds européens. « Fonds européen agricole pour le développement rural », 22 juin 2022. <https://www.europe-en-france.gouv.fr/fr/fonds-europeens/fonds-europeen-agricole-pour-le-developpement-rural-FEADER>.

MAAP, MNHN, 2009. Indicateurs de biodiversité en milieu agricole : Elaboration d'un jeu d'indicateurs permettant de mieux suivre la biodiversité en lien avec l'évolution de l'agriculture. B Machin-Sosa, B., A.M. Roque-Jaime, D.R. Avila-Lozano, and P. Rosset. 2010. *Revolució n Agroecoló gica: el Movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba*. Habana: ANAP.

Mandonnet, N. « MAKIBIO (2024-2025) ». <https://asset.antilles.hub.inrae.fr/vie-scientifique/projets-de-recherche/makibio-2024-2025>.

Martel, Gilles, Romain Dieulot, Daphné Durant, Clémence Guilbert, Pierre Mischler, et Patrick Veysset. « Mieux coupler cultures et élevage dans les exploitations d'herbivores conventionnelles et biologiques: une voie d'amélioration de leur durabilité? », 2017.

« Microfarms in Guadeloupe: The Agroecological Transition Has Begun | INRAE ». <https://www.inrae.fr/en/news/microfarms-guadeloupe-agroecological-transition-has-begun>.

Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. « Qu'est-ce que l'agroécologie ? ». <https://agriculture.gouv.fr/quest-ce-que-lagroecologie>.

Moraine, Marc, Michel Duru, et Olivier Therond. « A social-ecological framework for analyzing and designing integrated crop–livestock systems from farm to territory levels ».

Renewable Agriculture and Food Systems 32, no 1 (février 2017): 43-56.
<https://doi.org/10.1017/S1742170515000526>.

Paoletti M.G., 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.

Planchais, Gaël. « Stratégie et performance des agriculteurs dans un enjeu d'agriculture durable », s. d.

« Qu'est-ce que la biodiversité ? ». <https://www.ofb.gouv.fr/quest-ce-que-la-biodiversite>.

« Qu'est-ce que le POSEI ? » DAAF Martinique, 15 juin 2016.
<https://daaf.martinique.agriculture.gouv.fr/qu-est-ce-que-le-posei-a215.html>.

« Région Guadeloupe-La Guadeloupe, terre d'histoire ».
<https://www.regionguadeloupe.fr/ma-region-un-territoire/un-territoire-a-decouvrir/terre-dhistoire/#>.

Ryschawy, Julie, Alexandre Joannon, et Annick Gibon. « Mixed crop-livestock farm: definitions and research issues. A review ». *Cahiers Agricultures* 23, no 6 (novembre 2014): 346-56. <https://doi.org/10.1684/agr.2014.0727>.

Sabrina S. Gaba, Thomas Perrot, Jacques Caneill, Vincent Bretagnolle. Les espèces adventices, indispensables à la production agricole dans les systèmes à bas intrants. Rencontres sur la gestion durable des adventices en grandes cultures GCHP "Comment maîtriser les adventices dans de nouveaux contextes de production ?", GCHP2E, GIS - Grande Culture à Hautes Performances Economiques et Environnementales, France., Dec 2015, Paris, France. pp.36-38. (hal-01896517)

Selbonne, Stan, Loïc Guindé, François Causeret, Pierre Chopin, Jorge Sierra, Régis Tournebize, et Jean-Marc Blazy. « How to Measure the Performance of Farms with Regard to Climate-Smart Agriculture Goals? A Set of Indicators and Its Application in Guadeloupe ». *Agriculture* 13, no 2 (février 2023): 297. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020297>.

Séré Rabé, Carlos, et H. Steinfeld. *World Livestock Production Systems*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1996. <https://hdl.handle.net/10568/21111>.

Stark, Fabien Shandor. « Evaluation agroécologique des pratiques d'intégration agriculture-élevage : Application de l'analyse de réseau écologique à des exploitations agricoles en milieu tropical humide ». Thesis, AgroParisTech, 2016. (Guadeloupe).
<https://agritrop.cirad.fr/591652/>.

Stark, Alexandre, Diman, Fanchone, « Intégration au sein des systèmes de type polyculture élevage en Guadeloupe : première caractérisation ». 2010. (Guadeloupe).
https://www.journees3r.fr/IMG/pdf/2010_14_03_Stark.pdf.

Sterling, Damaris, Jean-Marc Meynard, Jean-Philippe Choisis, Audrey Fanchone, Génétique Et Systèmes D'élevage Tropicaux Agroécologie, l'Alimentation et l'Environnement Institut National de Recherche pour l'Agriculture, Produits Sciences pour l'Action et le Développement : Activités, et al. « Étude des verrouillages sociotechniques à l'intégration culture élevage : Cas d'étude en Guadeloupe », 2024.
<https://agris.fao.org/search/en/providers/122439/records/66290ccb2b3930d7cdc09bf1>.

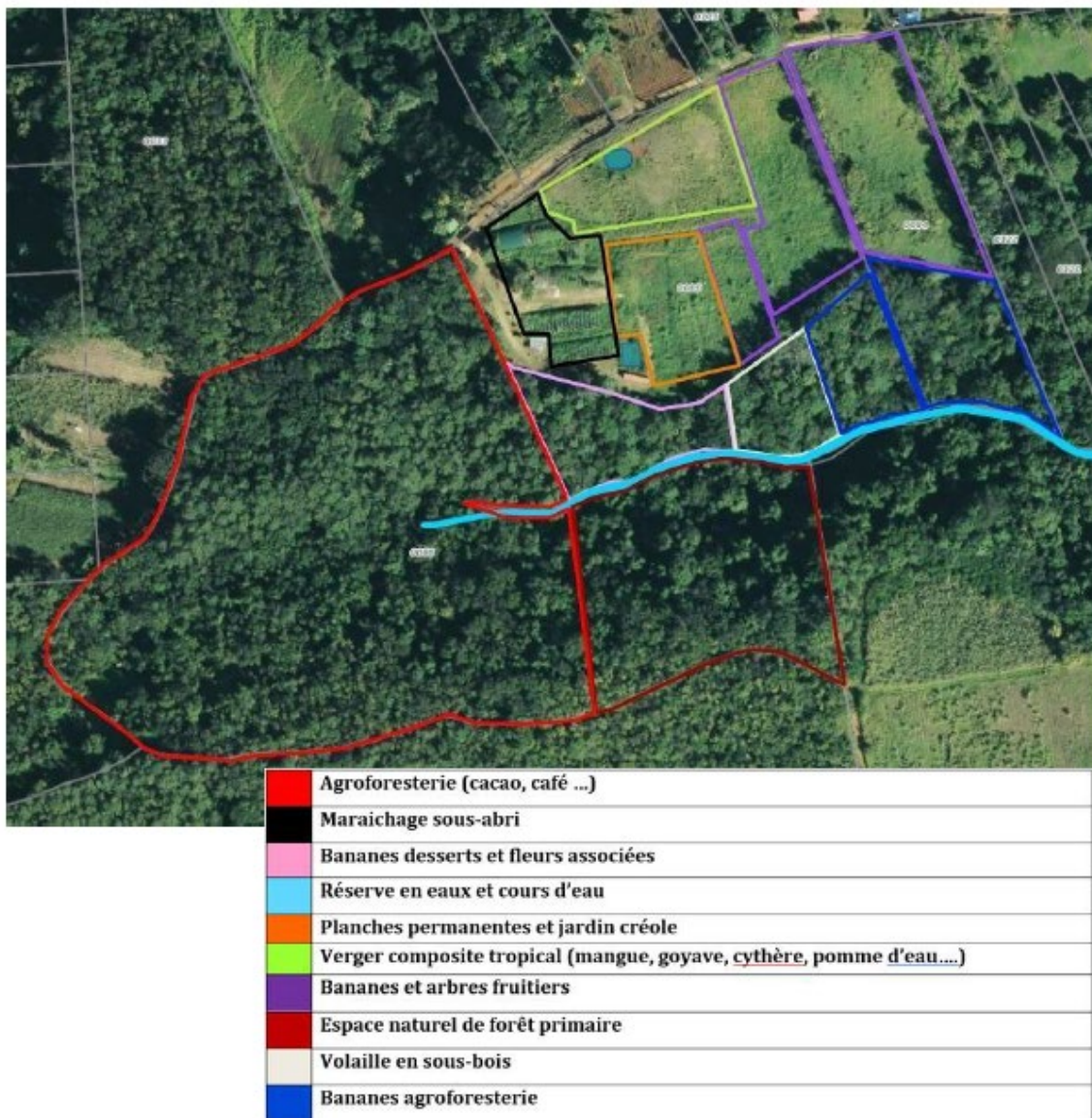
Trabelsi, Meriem. « Comment mesurer la performance agroécologique d'une exploitation agricole pour l'accompagner dans son processus de transition? » Phdthesis, Université Paul Valéry - Montpellier III, 2017. <https://theses.hal.science/tel-01735527>.

Van Bruchem, J., Schiere, H., van Keulen, H., 1999. Dairy farming in the Netherlands in transition towards more efficient nutrient use. *Livestock Production Science*

Darnhofer, I., Bellon, S., Dedieu, B., Milestad, R., 2010a. Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(3), 545-555.

Annexes :

Plan d'aménagement de l'exploitation



Annexe 1 : Plan d'aménagement global de l'exploitation des Jardins de CHAYAH

Nom du produit	Constitution	Poids	Prévisionnel du nombre de produits vendus / an	Prix de vente / barquette
Paniers fruits / légumes	Divers	X	1500	25 €
Barquette Jeunes pousses	Mesclun OU Roquette OU Mizuna	100g	62 400	2,20 €
Bouquets garnis	Persil, thym, cive, piments végétariens et piments forts	100g	62 400	1,80 €
Barquettes légumes à soupe	Choux, carottes, navets, poireaux, céleri, giraumon	600g	41 600	2 €

Annexe 2 : Pôle végétal de l'exploitation

Nom du produit	Poids moyen	Prévisionnel du nombre de produits vendus / an	Prix de vente
Viande de poulets	1,3 kg	60000 poulets	5,7 € /carcasse
Œufs biologiques	100 pondeuses	29200 œufs	0,40 € / œufs
Vente de porcs	65 kg	180 porcs boucheries	7 € / kg

Annexe 3 : Pôle animal de l'exploitation