



HAL
open science

Caractérisation de la biodiversité fonctionnelle de systèmes de culture diversifiés zéro pesticide de synthèse en milieu tropical : cas du projet DEPHY EXPE STOP à La Réunion

Rachel Graindorge, Camille Bortoli, Clarisse Clain, Joël Huat, Luc Vanhuffel, Josian Delaunay

► To cite this version:

Rachel Graindorge, Camille Bortoli, Clarisse Clain, Joël Huat, Luc Vanhuffel, et al.. Caractérisation de la biodiversité fonctionnelle de systèmes de culture diversifiés zéro pesticide de synthèse en milieu tropical : cas du projet DEPHY EXPE STOP à La Réunion. Innovations Agronomiques, 2024, 98, pp.233-248. 10.17180/ciag-2024-vol98-art16 . hal-04817164

HAL Id: hal-04817164

<https://hal.inrae.fr/hal-04817164v1>

Submitted on 3 Dec 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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



Caractérisation de la biodiversité fonctionnelle de systèmes de culture diversifiés zéro pesticide de synthèse en milieu tropical : cas du projet DEPHY EXPE ST0P à La Réunion

Rachel GRAINDORGE ¹, Camille BORTOLI ¹, Clarisse CLAIN ², Joël HUAT ³, Luc VANHUFFEL ⁴, Josian DELAUNAY ⁵

¹ Armefflor, 1 chemin de l'IRFA, F-97410 Saint Pierre, La Réunion.

² FDGDON, - 23 rue Jules Thyrel, cour de l'usine de Savanna, 97460 Saint Paul, La Réunion.

³ Cirad, UPR HORTYS, F-97455 Saint-Pierre, La Réunion

⁴ Chambre d'agriculture de La Réunion, 24 rue de la Source – CS 11048, F-97404 Saint-Denis Cedex, La Réunion

⁵ EPL Forma'terra, 165 route de Mafate, CS 91037 97864 SAINT PAUL Cedex, La Réunion.

Correspondance : rachel.graindorge@armefflor.fr

Résumé

Le projet ST0P vise à expérimenter et évaluer des systèmes de culture diversifiés en milieu tropical mobilisant différents leviers de protection des cultures pour pallier l'arrêt de l'utilisation des pesticides de synthèse. Trois systèmes de culture ont été mis en place et suivis au cours des six années du projet. Sur ces observatoires pilotés, la diversification végétale a été une composante marquante pour aider à la régulation des bioagresseurs par l'augmentation de la biodiversité fonctionnelle et la mobilisation des services écosystémiques. Dans le cadre du projet, la caractérisation de la biodiversité relève de deux méthodes de suivis basées principalement sur l'observation de bioindicateurs et le piégeage d'arthropodes. Les résultats illustrent que les zones support à la production telles que les bandes fleuries et les haies hébergent de nombreux arthropodes et que ces populations peuvent alimenter des flux vers des zones de culture. Cependant, des fluctuations dans les dynamiques de populations des bioindicateurs sont observées selon les années et l'augmentation de la biodiversité fonctionnelle dans ces systèmes n'a pas été mise en évidence.

Mots-clés : diversification végétale, biodiversité fonctionnelle, agroécologie, pesticide de synthèse, arthropodes.

Abstract: Characterisation of the functional biodiversity of diversified cropping systems with no synthetic pesticides in a tropical environment: the case of the DEPHY EXPE ST0P project on Reunion Island

The ST0P project aims to assess agroecological systems that no longer use synthetic pesticides in tropical areas. Three multi-species cropping systems have been set up and monitored during the project (2018-2024). In these experimental sites, plant diversification has been a key component in helping to regulate pests and diseases by activating ecosystem functions and services. As part of the project, two monitoring methods were used to characterize biodiversity, based mainly on the observation of bioindicators and the trapping of arthropods. The results show that many arthropods are observed in agroecological devices, such as flower strips and hedgerows. These populations can fuel flows toward cropping areas. The populations of bioindicators fluctuate from year to year. The increase in functional biodiversity in these systems has not been demonstrated.

Keywords : plant diversification, biodiversity, agroecology, no synthetic pesticides, arthropods.



1 Contexte du projet et état des connaissances

La production fruitière et légumière dans les zones ultramarines constitue un pilier essentiel de l'économie locale, contribuant à la diversification agricole et à la sécurité alimentaire de ces régions. A La Réunion, la production agricole couvre actuellement 68% des besoins en légumes frais et 67% en fruits frais. Bien que quelques produits emblématiques soient représentés sur les marchés extérieurs, l'écoulement sur le marché local reste prépondérant (Agreste, 2023). La production de fruits et légumes variés est en partie possible grâce à la diversité des climats. En parallèle, ces climats ultra-marins favorisent la menace constante de bioagresseurs des cultures et, dans ce contexte, maintenir une agriculture de qualité est un enjeu réel.

L'intensification et la modernisation de l'agriculture réunionnaise se sont accompagnées d'une forte utilisation d'engrais et produits phytosanitaires chimiques de synthèse. Mais aujourd'hui, ce modèle ne correspond plus aux enjeux sociétaux, environnementaux voire économiques et face à une demande locale croissante et exigeante, les agriculteurs doivent adapter leurs pratiques de production. L'agroécologie peut répondre à cet enjeu par la mise au point de systèmes alimentaires durables et vertueux. Trois grands principes définissent le concept d'agroécologie : produire en s'appuyant sur les fonctionnalités des écosystèmes ; maximiser la biodiversité fonctionnelle ; renforcer les régulations biologiques dans les agrosystèmes. Pour cela, différentes plantes/cultures sont introduites de manière simultanée et/ou imbriquées de manière à valoriser au mieux l'espace, tirer profit de la complémentarité des espèces et optimiser le fonctionnement du sol pour une meilleure efficacité (Deguine et al., 2016a).

Plusieurs initiatives à La Réunion ont été entreprises pour promouvoir des pratiques agroécologiques de protection des cultures. Les projets GAMOUR (Deguine et al., 2016b) et RESCAM (Deslandes et al., 2019) se sont concentrés sur la problématique des mouches des légumes en productions maraîchères de plein champ respectivement sur les modèles cucurbitacées et solanacées. Ces deux projets avaient pour objectif d'expérimenter un paquet technique s'appuyant sur les bases de la protection agroécologique des cultures. En productions fruitières, le projet BIOPHYTO a joué un rôle clé dans le développement et l'évaluation de méthodes de protection agroécologique pour les vergers de manguiers (Gloanec et al., 2016). D'une manière plus générale, le Guide Tropical (Le Bellec et al., 2015) recense de nombreuses pratiques pour la conception de systèmes de culture tropicaux à faible utilisation de produits phytosanitaires.

Ces travaux, bien que mettant en avant le lien entre habitat et biodiversité des arthropodes, se sont basés sur des systèmes de culture peu diversifiés abordant la problématique en systèmes maraîchers d'une part et en verger de mangouier (culture pérenne) d'autre part.

Beillouin et al. (2021) a montré que les systèmes de culture diversifiés proposent des services écosystémiques plus importants et plus stables en comparaison à des systèmes de culture moins diversifiés. Ce principe a été repris dans le projet STOP qui a eu pour ambition, par la mobilisation des services écosystémiques, la transition des systèmes de production végétale tropicaux actuels vers des systèmes agroécologiques très diversifiés n'ayant plus recours aux pesticides de synthèse.

Pour cela, trois systèmes de culture diversifiés ont été mis en place et conduits sans pesticide de synthèse durant six années de projet (2018-2023) permettant d'expérimenter les leviers de la protection agroécologique des cultures à l'échelle d'un agrosystème et ce, en visant les trois niveaux de performances du développement durable. Ces systèmes diversifiés associaient des cultures maraîchères annuelles, des cultures fruitières pérennes, des aromates, et des plantes de services annuelles et pluriannuelles.

Sans aller jusqu'à l'évaluation de la régulation, cet article se propose de caractériser la biodiversité fonctionnelle présente dans les trois agroécosystèmes du projet STOP et d'identifier les flux potentiels entre les différents compartiments du système de culture.



2 Méthode

Les suivis ont été réalisés sur les trois observatoires pilotés du projet STOP de 2020 à 2023.

2.1 Observatoires pilotés comme support d'étude

Par souhaits de rupture et de prise de risques, il a été choisi de ne pas installer les observatoires pilotés chez des agriculteurs. Les systèmes de culture étudiés ont donc été implantés et testés sur trois sites différents, à l'Armefflor, à l'EPL Forma'terra et au Cirad. Le design et l'agencement de ces systèmes résultent de prototypes proposés par des collectifs d'agriculteurs, d'expérimentateurs, de conseillers agricoles et de chercheurs réunis lors d'ateliers de co-conception. Ces systèmes répondent à une méthode d'évaluation similaire, mais les conditions de production diffèrent selon les sites et sont détaillées dans le tableau 1.

Plusieurs stratégies de diversification ont été utilisées telles que la mise en place de couverts végétaux, le mélange d'espèces et de variétés, les rotations... Toutes ces stratégies ont été mises en place dans les trois observatoires pilotés. En effet, les parcelles expérimentales se composent de productions maraîchères et fruitières, productions annuelles et pérennes. Des espaces considérés comme supports à la production, c'est-à-dire non productifs mais utiles à l'agrosystème du fait de leurs services, sont aménagés et répartis dans les systèmes de culture. Cette stratégie de diversification des cultures s'accompagne également d'une suppression des produits phytosanitaires de synthèse afin de limiter les impacts sur la biodiversité fonctionnelle qui pourrait s'installer dans ces jeunes systèmes de culture. Cependant, pour répondre à des objectifs de viabilité économique, les produits de biocontrôle ont pu être mobilisés en dernier recours.

Tableau 1 : Description des observatoires pilotés du projet

	Armefflor	EPL Forma terra	Cirad
Zone	Bassin-Martin, Saint-Pierre 300 m d'altitude	Route de Mafate, Saint-Paul 100 m d'altitude	Bassin-Plat, Saint-Pierre 150 m d'altitude
Climat	Climat de savane à hiver sec (type Aw) Température annuelle moyenne : 23 °C Pluviométrie moyenne : environ 1600 mm/an	Climat de steppe sec et chaud (type BSh) Températures annuelles moyennes comprises entre 18 °C et 26°C Pluviométrie moyenne annuelle : < 1000 mm/an	Climat de savane à hiver sec (type Aw) Température annuelle moyenne : 23 °C Pluviométrie moyenne : environ 1200 mm / an
Environnement ou bassin de production	Bassin de production cannier principalement	Vergers et cannes en zone péri-urbaine	Bassin de production cannier principalement, proche d'une route 4 voies et hypermarché
Type de conduite	Conduite conventionnelle sans pesticide de synthèse autorisant des produits inscrits sur la liste du biocontrôle	Conduite en agriculture biologique	Conduite conventionnelle sans pesticide de synthèse autorisant des produits inscrits sur la liste du biocontrôle ou utilisables en agriculture biologique
Surface	4500 m ²	4500 m ²	8000 m ²
Productions	7 zones de verger, 5 îlots de maraîchage et un atelier de poules pondeuses en parcours	Association de 4 espèces fruitières en rang avec îlots de maraîchage	4 zones de cultures fruitières, 19 îlots de maraîchage dont 1 avec 3 petits tunnels mobiles

2.2 Protocole de suivi

Pour caractériser la biodiversité fonctionnelle dans les trois observatoires pilotés, deux types de relevés ont été effectués : une observation visuelle de sept bioindicateurs à l'aide d'une grille de notation, et ce le long d'un parcours standardisé et le piégeage d'arthropodes à l'aide de pièges à cornet.



Pour le premier type de suivi, sept bioindicateurs d'intérêt ont été retenus. Le choix s'est porté sur des auxiliaires aux services avérés, des pollinisateurs d'intérêt ou des indicateurs de parasitisme faciles à observer et à identifier au terrain de telle sorte que la méthode puisse être reproduite par un technicien ou un agriculteur sur les exploitations agricoles. Ainsi, les notations ont été réalisées pour les coccinelles, les névroptères, les syrphes, les araignées, les momies de pucerons parasités, les abeilles et les xylocopes.

2.2.1 Méthode de suivi des bioindicateurs

Afin d'avoir une représentation régulière de la présence de ces bioindicateurs, les relevés ont été réalisés deux fois par mois tout au long de l'année et sur un peu plus de trois années complètes d'évaluation des systèmes de culture. Ainsi, 76 suivis ont été réalisés sur l'observatoire piloté de l'Armefflor de juin 2020 à novembre 2023, 58 suivis sur l'observatoire piloté de l'EPL Forma'terra de janvier 2021 à juin 2023 et 80 suivis sur l'observatoire piloté du Cirad d'avril 2020 à décembre 2023.

Pour chacun des observatoires, un parcours standardisé a été défini le long duquel des îlots d'observation ont été matérialisés. Onze îlots ont alors été caractérisés, dans un premier temps, sur le site de l'Armefflor (sur les 1500 m² de la zone maraîchère) ; douze îlots sur le site de l'EPL Forma'terra (sur les 4500 m² de l'observatoire) et 25 îlots sur le site du Cirad (sur les 4000 m² de maraîchage)

Une note d'abondance et de richesse (Tableau 2) a été attribuée pour chaque bioindicateur pour chacun des îlots définis sur les observatoires pilotés. Le stade phénologique des espèces végétales en présence a été également renseigné afin de suivre l'évolution des cultures observées et de pouvoir lier ou non la présence ou l'absence d'un bioindicateur.

Tableau 2 : Bioindicateurs retenus pour les observations à vue et classes d'abondance et richesse associées

Classes Bio- indicateurs	Abondance				Richesse		
	Nulle (0)	Peu (1)	Moyen (2)	Beaucoup (3)	Faible (1)	Moyenne (2)	Forte (3)
Coccinelles	Absence (pas d'individu observé)	Moins de 5 individus/îlot	Intermédiaire	2 individus et plus à chaque point d'observation	1 espèce	2 à 3 espèces	≥ 4 espèces
Névroptères		1 à 2 individus /îlot		1 individu sur la moitié des points d'observation	1 espèce		
Syrphes		1 à 2 individus /îlot		A moins 1 individu à chaque point d'observation	1 espèce		
Araignées		Moins de 5 individus/îlot		Au moins 2 individus à chaque point d'observation	1 espèce	2 à 3 espèces	≥ 4 espèces
Momies de puceron		Au moins 1 foyer de pucerons avec présence de 1 à 2 momies		Plusieurs momies observées dans chaque foyer de pucerons	1 espèce		
Abeilles		1 à 2 individus /îlot		Au moins 1 individu à chaque point d'observation	1 espèce		
Xylocopes		1 individu /îlot		Au moins 1 individu sur la moitié des points d'observation	1 espèce		

2.2.2 Piégeages d'arthropodes

La seconde méthode de caractérisation de la biodiversité se base sur la capture d'arthropodes au moyen de pièges à cornet unidirectionnels, aussi appelés pièges Sarthou. Ce système de piégeage localisé permet de mieux associer les arthropodes piégés à l'habitat proche et d'identifier les déplacements d'auxiliaires et de ravageurs entre différents types de végétation comme des infrastructures agroécologiques et des zones de culture par exemple. Ils sont, par conséquent, positionnés par couple tête bêche pour évaluer les flux d'arthropodes entre deux habitats ou au sein d'un même habitat (Figure 1).

Les arthropodes collectés sont triés selon la méthode « RBA » - Rapid Biodiversity Assessment (Oliver et Beattie, 1993). Cette méthode consiste à effectuer des échantillonnages de la biodiversité les plus complets possible tout en s'affranchissant de la taxonomie classique. L'identification à l'espèce est remplacée par une détermination basée sur des critères morphologiques visibles à l'œil (couleur, taille, morphologie) et un tri intuitif des individus. Les groupes ainsi formés constituent des morphotypes (MT). Une morphothèque (prise de vue sous loupe binoculaire de chaque morphotype) a été réalisée pour les trois observatoires pilotés, mais les résultats ne seront pas présentés ici. Tous les arthropodes capturés ont été dénombrés.

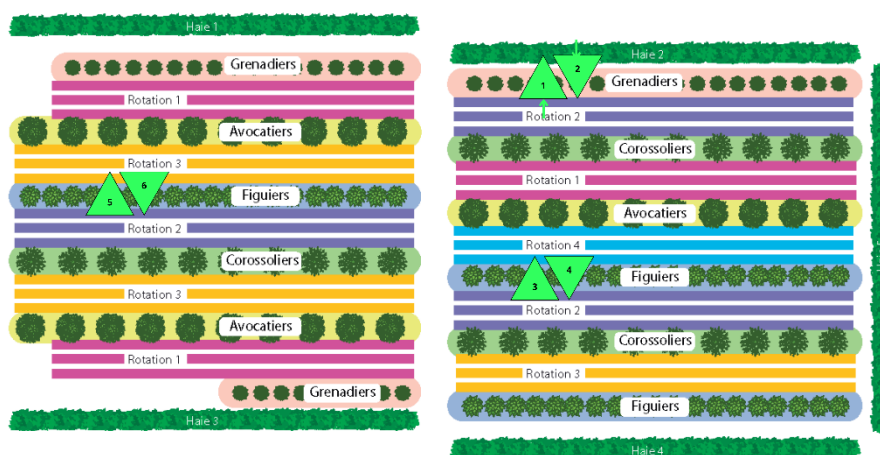


Figure 1. Représentation schématique du positionnement des pièges à cornet. Exemple de la campagne de piégeage de l'année 2021 sur le système de culture de l'EPL Forma'terra.

Sur une année, une à deux campagnes de piégeage par site ont été réalisées au début et/ou à la fin de l'hiver austral (avril à juin puis octobre-novembre). Chaque période de piégeage a duré sept jours et trois à quatre couples de pièges ont été positionnés sur chaque site. Les cultures entrantes et sortantes ont été précisées. Ainsi, entre 2021 et 2023, quatre campagnes de piégeage ont été réalisées sur le site de l'Armefflor, trois campagnes sur le site du Cirad et quatre campagnes sur le site de l'EPL Forma'terra.

2.3 Méthode d'analyse

Aucune analyse statistique n'a été conduite sur l'ensemble des trois observatoires, ceux-ci ayant tous des caractéristiques différentes et ne pouvant donc pas être comparés entre eux. Cependant, pour chacun des sites, trois variables ont été mesurées et calculées afin de caractériser la biodiversité fonctionnelle.

Tout d'abord, les classes d'abondance attribuées à chacun des bioindicateurs retenus ont été transformées en niveau de présence. La variable a été calculée selon la formule suivante :



$$Niv_{Pres(t)} = \left(\frac{\sum \text{classes } Ab.}{Nb \text{ obs } i > 0} \right) \times \frac{10}{Nb \text{ classes } Ab.}$$

Ainsi, le niveau de présence N (à la date t) correspond au calcul du quotient de la somme des classes d'abondances mesurées pour la date t et du nombre d'observations où la classe d'abondance i est strictement supérieure à 0 multiplié par le quotient de 10 divisé par le nombre total de classes d'abondances pour la variable mesurée (absence comprise).

Exemple avec l'abondance des momies de pucerons sur les bandes fleuries à l'ARMEFLHOR en 2021

Dans les bandes fleuries, les momies de pucerons ont été identifiées à 8 reprises en 2021 (Nb obs i > 0 = 8).

Les classes d'abondance attribuées sont les suivantes :

- Date 1 : classe 2 (moyen)
- Date 2 : classe 3 (beaucoup)
- Date 3 : classe 0 (absence)
- Date 3 : classe 1 (peu)
- Date 3 : classe 0 (absence)
-

Toutes les classes d'abondance où les momies ont été observées (classes > 0) sont additionnées pour donner la somme des classes d'abondance. Dans l'exemple, l'addition de toutes les classes nous donne :

$$\sum \text{classes } Ab = 2 + 3 + 1 + \dots$$

Ici, il y a 4 classes d'abondance possibles : 0 (nul), 1 (peu), 2 (moyen), 3 (beaucoup). Donc, Nb classes Ab.=4.

Ainsi : Niveau présence momies sur bandes fleuries en 2021 = ((2 + 3 + 1 + ...) / 4) x (10/4)

Cette formule correspond à une moyenne pondérée par rapport au nombre de classes d'abondance de chaque bioindicateur. La variable calculée permet d'avoir une représentation graphique homogène pour chacun des bioindicateurs.

Les piégeages ont permis d'obtenir des données quantitatives sur le nombre d'arthropodes identifiés et ainsi illustrer les dynamiques de piégeage entre les différents compartiments du système de culture. Enfin, les individus capturés n'ont pas été identifiés jusqu'à l'espèce mais l'identification des différents ordres a permis le calcul de l'abondance relative des différents ordres observés.

Les représentations graphiques ont été réalisées avec le logiciel Rstudio (POSIT TEAM, 2024).

3 Résultats

3.1 Niveau de présence des bioindicateurs

Sur l'observatoire piloté de l'Armefflor (Figure 2), les prédateurs (araignées et coccinelles principalement) ont été observés tous les ans lors de chaque relevé et dans tous les compartiments du système de culture. Les syrphes, au stade larvaire, peuvent être prédateurs. Dans cette étude, ce stade n'a pas été pris en compte pour les observations. Ce bioindicateur est donc catégorisé dans les pollinisateurs.

Les pollinisateurs tels que les abeilles et syrphes au stade adulte, ont également été identifiés dans tous les compartiments du système. Les xylocopes ont été observés selon les années, soit dans les zones fruitières ou les haies, ou dans les bandes fleuries et zones maraîchères. Leur présence était moins fréquente que pour les autres pollinisateurs. Les momies de pucerons peuvent être observées dans les bandes fleuries, les zones fruitières ou le maraîchage. Aucune momie n'a été observée dans les plantes aromatiques ou les haies.

En 2020, tous les bioindicateurs sont observés, excepté les xylocopes, et répartis de manière assez homogène dans les différents compartiments du système. En 2021, tous les bioindicateurs sont observés



cependant leur niveau de présence est plus élevé dans les bandes fleuries et les abeilles, coccinelles et araignées sont les bioindicateurs dominants dans les bandes fleuries, haies et zones maraîchères. En 2022, aucune momie de puceron n'est observée. Les abeilles, coccinelles et araignées sont majoritairement présentes par rapport aux autres bioindicateurs mais le niveau de présence est globalement plus faible. En 2023, les bioindicateurs sont très présents dans les plantes aromatiques et bandes fleuries et peu dans les fruitiers, haies et maraîchage. Cependant, tous les bioindicateurs sont observés dans les zones maraîchères.

La figure 3 représente les niveaux de présence des bioindicateurs observés sur le site de l'EPL Forma'terra. Sur les trois années de suivis, les coccinelles et les araignées sont les deux bioindicateurs

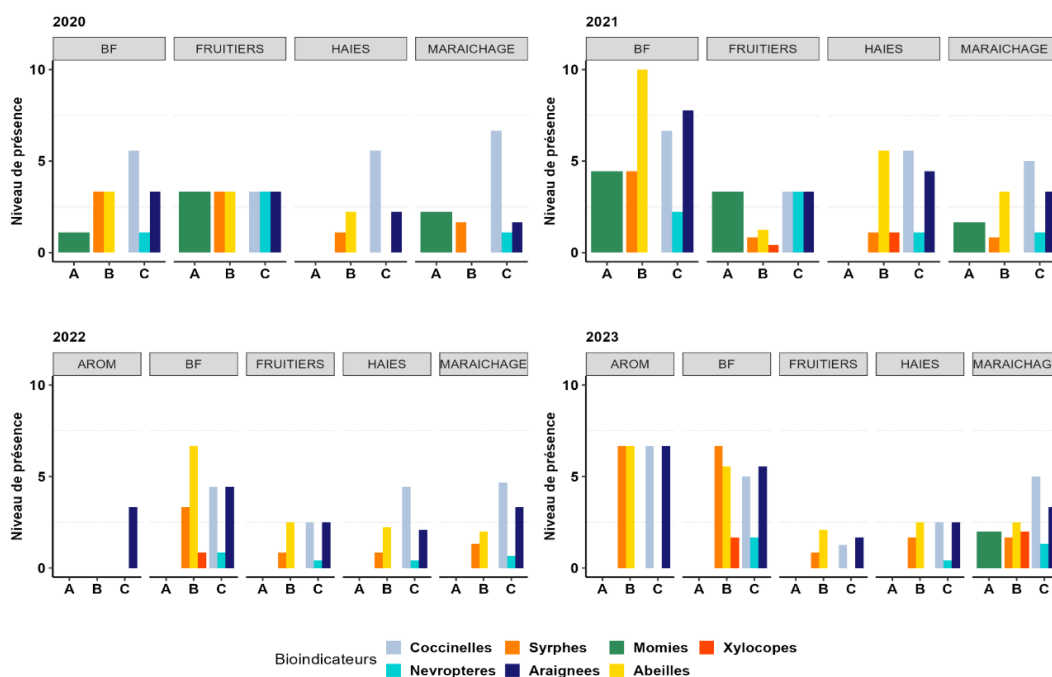


Figure 2. Niveau de présence des sept bioindicateurs observés dans les différents compartiments du système de culture de l'Armefflor (bandes fleuries BF, Fruitiers, Haies, Maraîchage, plantes aromatiques AROM) pour chacune des années d'évaluation. Les bioindicateurs sont répartis selon trois groupes : (A) indicateurs de parasitisme : Momies de pucerons ; (B) pollinisateurs : syrphes, xylocoptes, abeilles, et (C) prédateurs : coccinelles, névroptères et araignées.

les plus présents sur la parcelle. Ils sont observés quasiment à chaque date d'observation.

Les trois pollinisateurs ont été observés de façon aléatoire selon les années. Les abeilles ont été observées en 2021 dans les haies et zones maraîchères ainsi qu'en 2022 sur zones maraîchères. Elles sont absentes lors des observations de 2023. La présence de syrphes est régulièrement constatée dans le système de culture. En revanche, les momies de pucerons ont globalement été peu observées.

Sur ce site, les bioindicateurs observés sont principalement des prédateurs et majoritairement présents dans le compartiment "Haie".

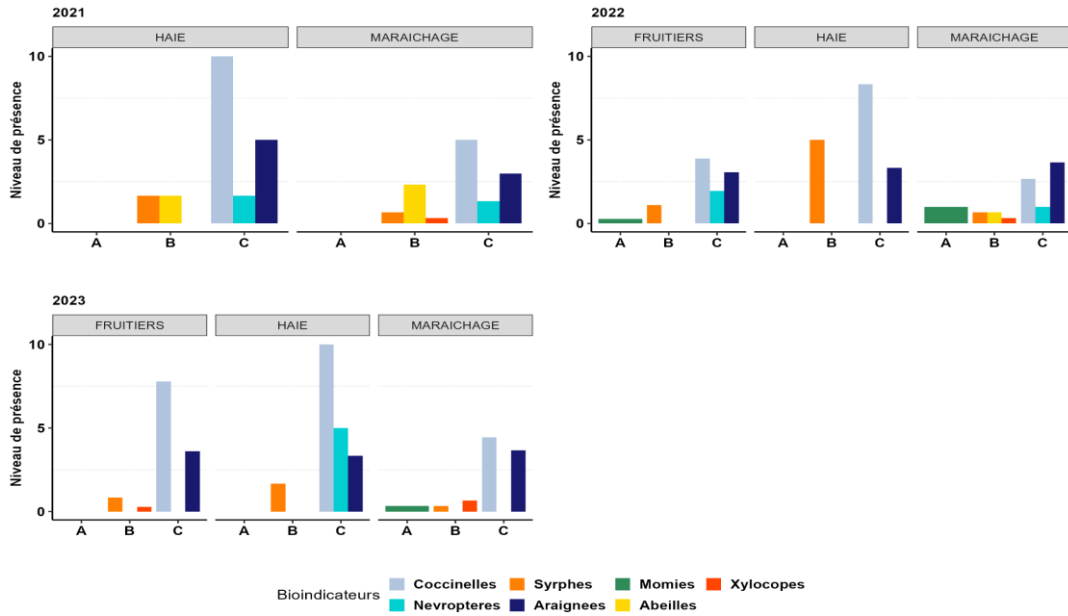


Figure 3. Niveau de présence des sept bioindicateurs observés dans les différents compartiments du système de culture de l'EPL Forma'terra (Fruitiers, Haies, Maraîchage) pour chacune des années d'évaluation. Les bioindicateurs sont répartis selon trois groupes : (A) indicateurs de parasitisme : Momies de pucerons ; (B) pollinisateurs : syrphes, xylocopes, abeilles, et (C) prédateurs : coccinelles, névroptères et araignées.

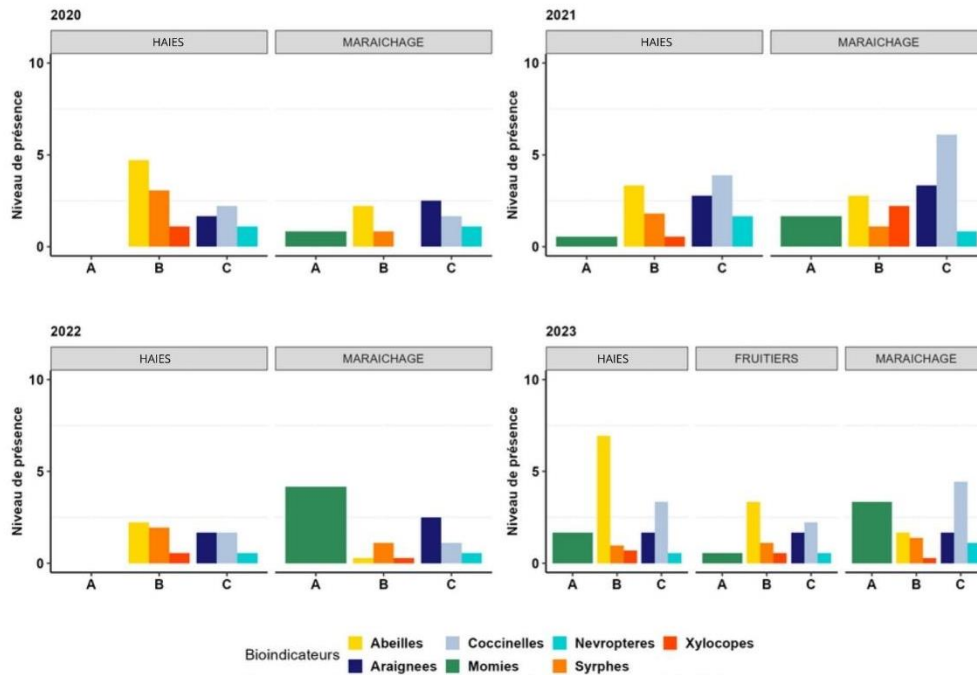


Figure 4. Niveau de présence des sept bioindicateurs observés dans les différents compartiments du système de culture du Cirad (Haies, Fruitiers, Maraîchage) pour chacune des années d'évaluation. Les bioindicateurs sont répartis selon trois groupes : (A) indicateurs de parasitisme : Momies de pucerons ; (B) pollinisateurs : syrphes, xylocopes, abeilles, et (C) prédateurs : coccinelles, névroptères et araignées.

Sur les sept bioindicateurs observés sur l'observatoire piloté du Cirad (Figure 4), les coccinelles, les araignées et les syrphes sont les trois bioindicateurs présents sur tous les habitats depuis 2020. D'une manière générale, les niveaux de présence sont peu élevés et ce quel que soit le bioindicateur suivi.



Les prédateurs (araignées et coccinelles principalement) sont observés tous les ans lors de chaque relevé et dans tous les compartiments du système de culture.

Les pollinisateurs tels que les abeilles et syrphes, sont également identifiés dans tous les compartiments du système. Même s'ils sont absents des relevés effectués sur maraîchage en 2020, les xylocoptes sont fréquemment identifiés dans les différentes zones mais en très faible quantité. Les momies de pucerons sont présentes sur le système de culture, principalement sur les zones maraîchères. Les momies de pucerons sont le bioindicateur ayant le niveau de présence le plus élevé en 2022.

3.2 Nombre d'arthropodes piégés entre différents compartiments du système de culture

Le nombre d'individus capturés au cours des 4 campagnes de piégeage oscille entre 7 et 799. Les captures les plus nombreuses ont été enregistrées dans les pièges 2, 3 et 6 au cours de l'année 2021 et le piège 5 au cours de l'année 2022. En 2021, le piège 2, dans lequel 295 arthropodes ont été dénombrés, était placé entre une haie composée d'un mélange d'espèces endémiques et indigènes et une culture de patate douce. 247 arthropodes ont été comptabilisés dans le piège 3 positionné entre une zone de plantes aromatiques et une culture de patate douce. Le piège 6 placé entre une haie, de même composition que pour le piège 2, et une zone fruitière avec des prunes de Cythère (zévis en créole), *Spondias dulcis*, a permis de comptabiliser 424 arthropodes. En 2022, le piège 5, dans lequel 799 individus ont été comptabilisés, était positionné entre une bande fleurie et une zone de production d'aubergines. Les individus piégés ont été identifiés jusqu'à l'ordre permettant alors de représenter les principaux flux entre les compartiments du système de culture étudiés (Figure 5).

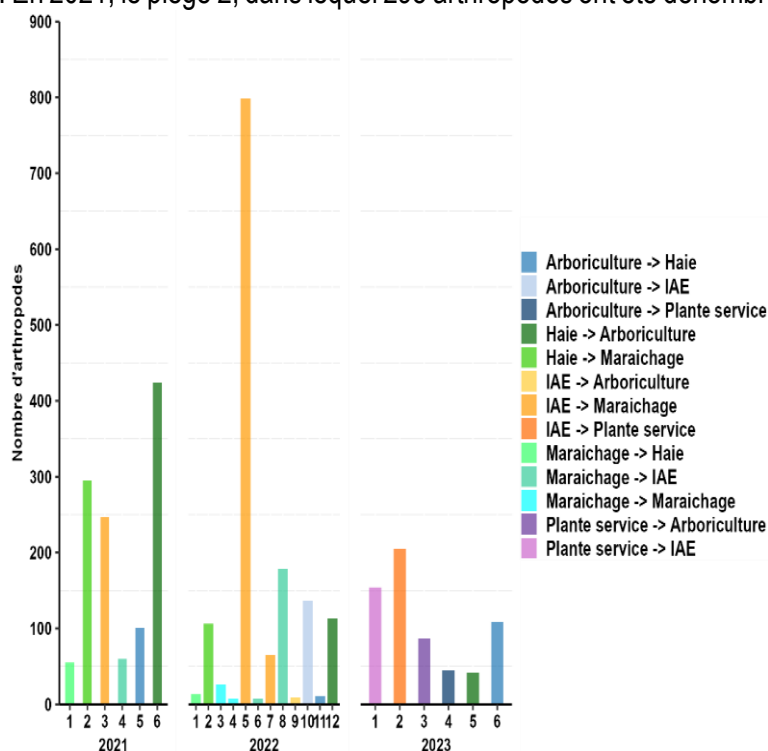


Figure 5. Nombre d'arthropodes comptabilisés par piège et par campagne entre les différents compartiments du système de culture de l'Armefflor.



Sur l'observatoire piloté de l'EPL Forma'terra (Figure 6), le nombre d'arthropodes capturés oscille entre 39 et 2315. Le nombre d'individus le plus important a été relevé en 2021 dans le piège 2 placé entre une haie d'espèces endémiques et indigènes et une culture d'aubergines. 868 arthropodes ont été comptabilisés dans le piège 6, permettant les captures entre une culture d'ananas et d'aubergines. En 2022, le piège 4, positionné entre un rang de fruitiers (grenadiers) et une zone maraîchère avec des haricots verts a permis la capture de 749 arthropodes.

Sur l'observatoire piloté du Cirad, 4203 arthropodes ont été comptabilisés au cours des 3 campagnes de piégeage. La figure 7 montre des captures relativement importantes dans l'ensemble des pièges de la campagne 2021. La durée de pose cette année-là a été de 21 jours au lieu de 7 lors des campagnes suivantes. Les captures les plus importantes en 2021 ont été observées, dans les pièges 4, 7 et 8. 361 arthropodes ont été comptabilisés dans le piège 4 positionné entre une zone de crotalaire, *Crotalaria juncea* (plante de service) et une culture de patate hofte ou pomme en l'air, *Dioscorea bulbifera*. Dans le piège 7, 510 arthropodes ont été capturés. Le piège était placé entre une culture de pois carré (*Psophocarpus tetragonolobus*) et une zone nommée « interculture » composée d'un mélange d'espèces végétales telles que des adventices et plantes de service. 580 arthropodes ont été dénombrés dans le piège 8, positionné en sens inverse du piège 7. En 2022, 383 arthropodes ont été capturés dans les pièges 1 et 197 dans le piège 8. Le piège 1 était placé entre une culture de patate douce et une haie, et le piège 8 entre deux zones maraîchères avec de jeunes

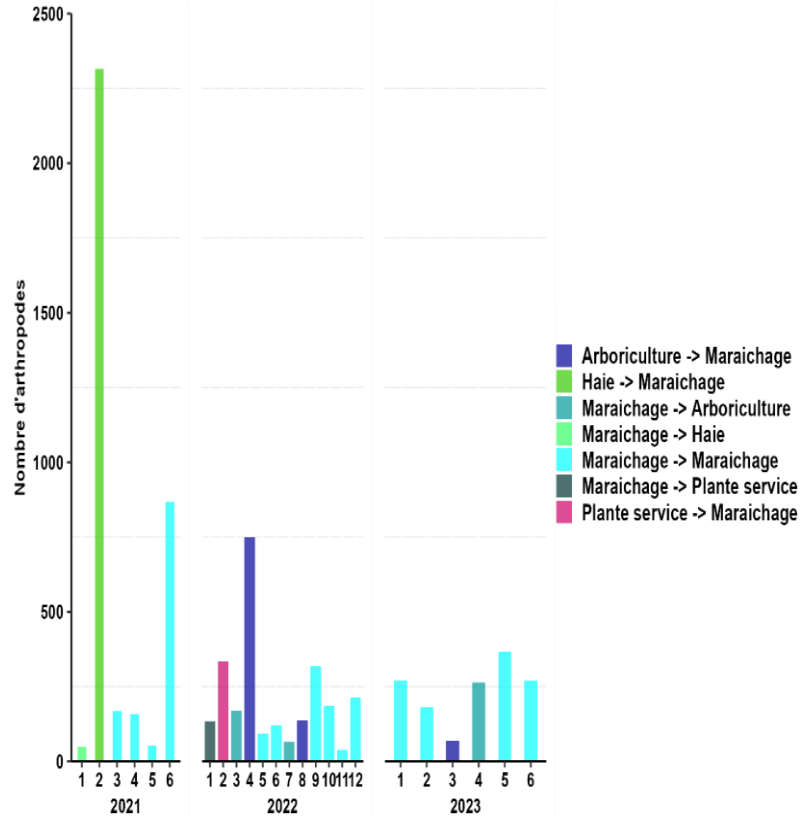


Figure 6. Nombre d'arthropodes comptabilisés par piège et par campagne entre les différents compartiments du système de culture de l'EPL Forma'terra.

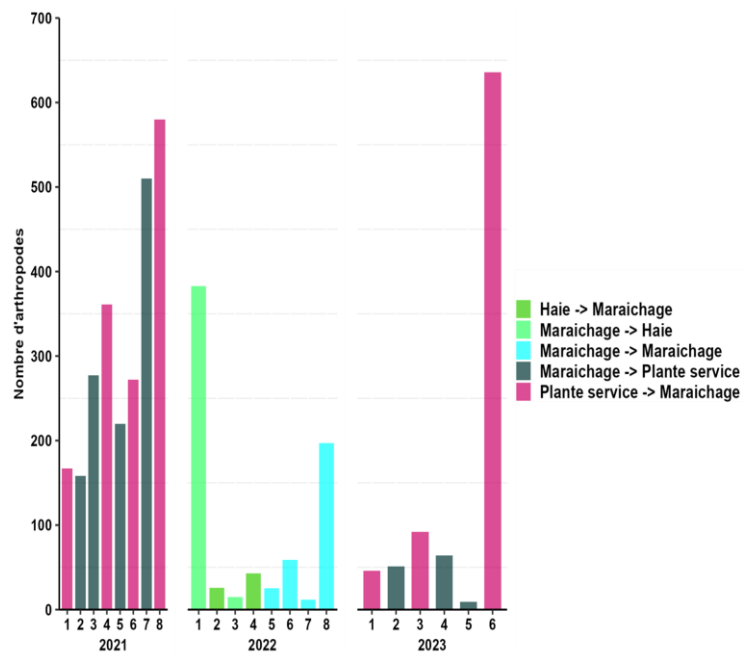


Figure 7. Nombre d'arthropodes comptabilisés par piège et par campagne entre les différents compartiments du système de culture du Cirad.

plants de tomates et des choux. En 2023, le piège 6, placé entre une zone de pois d'angole, *Cajanus cajan* (plante de service) et une culture de poivrons a comptabilisé 636 individus.

3.3 Abondance relative des ordres d'arthropodes identifiés

Un total de 3294 arthropodes a été comptabilisé lors de quatre campagnes de piégeage. Les individus capturés appartiennent principalement à trois grands ordres (Figure 8). Le groupe le plus abondant est constitué de diptères, avec une proportion de plus de 50 % de l'ensemble des arthropodes échantillonnés. Cela indique une prédominance notable de ce groupe dans l'échantillon. Les hyménoptères sont le deuxième groupe le plus abondant, représentant environ 15 % de l'abondance relative. Ce groupe inclut des insectes comme les abeilles, les guêpes et les fourmis. Les hémiptères, comprenant des insectes comme les punaises, constituent environ 10 % de l'abondance relative. Cela montre une présence significative mais moins marquée que les diptères et les hyménoptères. Les autres groupes, comme les coléoptères et les lépidoptères, montrent une présence significative mais moindre. Les araignées et les collemboles sont présents en petites quantités, tandis que les blattoptères et les orthoptères sont très rares dans les échantillons.

Les piégeages réalisés sur l'observatoire piloté de l'EPL Forma'Terra ont permis la capture d'un plus grand nombre d'arthropodes avec un total de 7587 individus totalisés sur les 4 campagnes. La figure 9 présente l'abondance relative des différents ordres identifiés dans les échantillons. Sur ce site pilote, trois ordres constituent l'essentiel de l'échantillonnage. Les diptères sont largement représentés avec une abondance relative supérieure à 50%, les lépidoptères et les hémiptères ont une abondance relative comprise entre 10 et 20%. Les hyménoptères et coléoptères sont également présents dans les relevés alors que les araignées, les collemboles, blattoptères, orthoptères et névroptères sont quasiment absents.

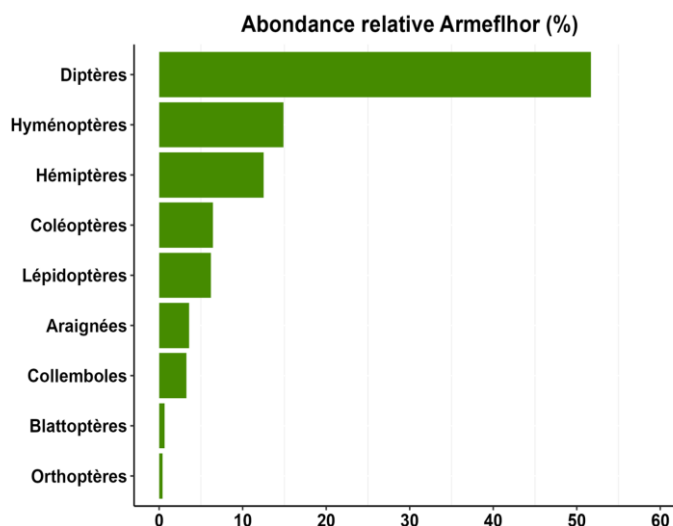


Figure 8. Abondance relative des ordres recensés sur le site pilote de l'Armefflor

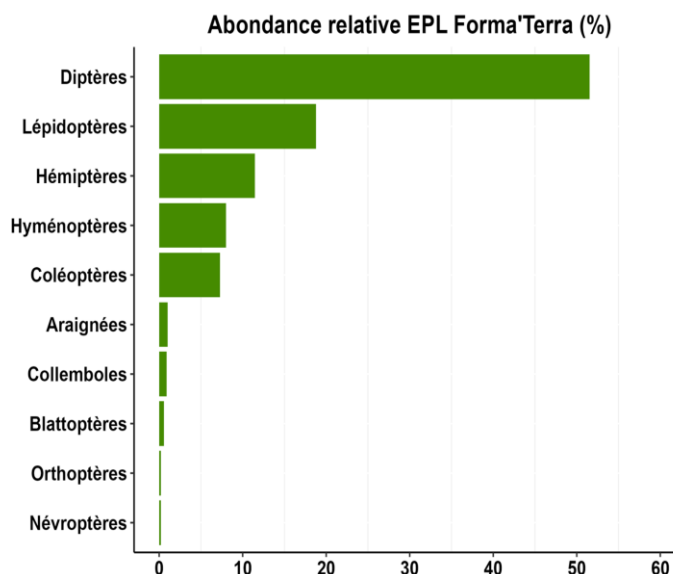


Figure 9. Abondance relative des ordres recensés sur le site pilote de l'EPL Forma'terra



La figure 10 présente l'abondance relative des différents ordres identifiés dans les échantillons de l'observatoire piloté du Cirad. Les diptères dominent largement l'échantillonnage et représentent 45 % de l'abondance relative. Les coléoptères et les hémiptères suivent en termes d'abondance, bien que leur proportion soit beaucoup plus faible que celle des diptères (20 et 15% respectivement). Les hyménoptères représentent environ 12 % de l'abondance relative. Ce groupe inclut des insectes comme les abeilles, les guêpes et les fourmis.

Les lépidoptères montrent une présence significative mais moindre comparée aux quatre premiers groupes. Les autres groupes, comme les blattoptères, collemboles, araignées, et névroptères, sont présents en très petites quantités.

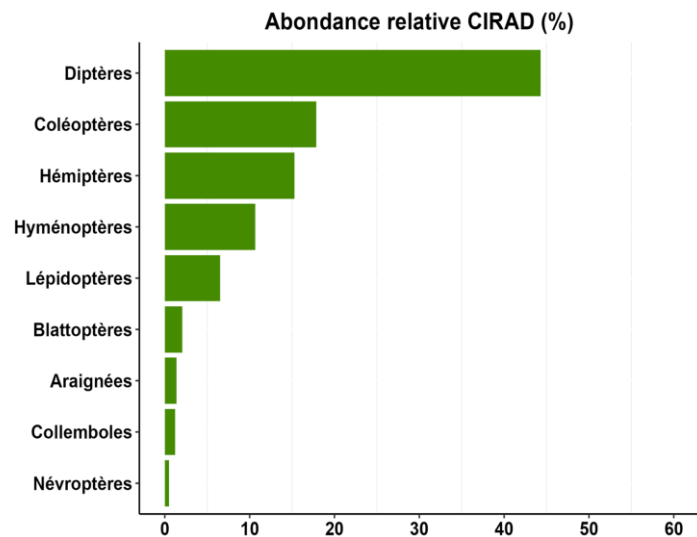


Figure 10. Abondance relative des ordres recensés sur le site pilote du Cirad

4 Discussion

Les études conduites pour caractériser la biodiversité fonctionnelle dans les systèmes de culture diversifiés du projet ST0P ont mis en évidence des dynamiques complexes. Bien que les observations aient montré la présence d'arthropodes, la relation directe entre diversification végétale et augmentation significative de la quantité et de la diversité des espèces d'ennemis naturels n'a pas pu être démontrée. Landis et al. (2000) et Letourneau et al. (2011) précisent d'ailleurs qu'il ne suffit pas de diversifier l'agrosystème pour favoriser l'activité des ennemis naturels et qu'il est nécessaire d'identifier les éléments clés pour atteindre cet objectif.

4.1 Hypothèses pour expliquer la variabilité observée

La composition d'une communauté d'ennemis naturels, au sein d'un habitat, est régie par des « filtres » tels que le climat, le type d'habitat ou encore le régime de perturbations associé aux pratiques culturales (agronomiques, phytosanitaires) (Muneret et al., 2020). Ainsi, ces filtres pourraient expliquer l'absence de lien entre diversification végétale et augmentation des bioindicateurs. Dans les systèmes étudiés, ces facteurs ont sans doute influencé les populations observées, provoquant des fluctuations importantes dans le temps et dans l'espace. Ces données, bien que relevées aux cours du projet, n'ont pas été analysées pour cette communication mais seront étudiées ultérieurement selon une analyse multifactorielle afin de dégager des tendances plus robustes quant aux éléments pouvant influencer les dynamiques observées.

Pour l'ensemble des observatoires pilotés, les pratiques de gestion ou de lutte contre les bioagresseurs ont été diverses et se sont notamment appuyées sur l'utilisation de barrières physiques, comme des filets à mailles fines, ou de produits de biocontrôle tels que des micro-organismes, substances d'origine naturelle et parfois des médiateurs chimiques. Etant donné leur spécificité, les médiateurs chimiques destinés à piéger les mouches des fruits et légumes n'ont probablement pas eu d'effet direct sur les bioindicateurs observés. En revanche, il est possible que les autres produits utilisés, notamment les micro-organismes ou les substances naturelles, aient affecté les populations d'arthropodes sans que cela



n'ait pu être mesuré. Aussi, ces pratiques ont potentiellement eu un impact non négligeable sur la dynamique des arthropodes

4.2 Choix des bioindicateurs et pertinence des résultats

Le choix des bioindicateurs doit également être ré-évalué. En effet, l'utilisation de certains bioindicateurs peut limiter la capacité à réellement illustrer la biodiversité fonctionnelle. Par exemple, dans des cultures où les pucerons ne sont pas des ravageurs importants, la présence ou l'absence de momies de pucerons est directement liée à la présence de pucerons. Ainsi, dans des cultures où les pucerons sont peu fréquents, cet indicateur devient moins pertinent. Cela a été illustré par les différences observées entre les sites du Cirad, où des cucurbitacées sensibles aux pucerons étaient régulièrement implantées, et l'Armefflor, où aucune momie de puceron n'a été observée en 2022 en raison de la faible sensibilité des cultures en place aux pucerons. Cet aspect a également été mis en évidence par Rand et Louda (2006) en faisant le lien entre la présence de pucerons et de coccinelles dans des systèmes cultivés et des prairies.

La gamme de bioindicateurs suivis devrait alors intégrer des espèces plus représentatives de la biodiversité fonctionnelle dans des systèmes de culture variés.

4.3 Importance de l'organisation spatiale des habitats favorables

Pour apporter des ressources alimentaires alternatives (pollen, nectar) et/ou des habitats refuges aux insectes utiles pendant les périodes de perturbations, des zones spécifiques ont été aménagées au sein des agrosystèmes ST0P. Ces zones sont composées d'espèces fleuries, aromatiques, vivaces et/ou pérennes constituant des haies ou des bandes et patches fleuris. Les résultats montrent que les niveaux de présence de bioindicateurs les plus élevés ont été mesurés dans ces zones dites support à la production. Les pièges unidirectionnels ont également permis de mettre en évidence des flux d'arthropodes plus importants entre ces zones et les zones de culture. Même si la régulation des bioagresseurs n'a pas été mesurée, ces flux peuvent illustrer le phénomène de prédation dans la parcelle et mettent en évidence l'importance de l'organisation spatiale des habitats favorables dans le système de culture (Collard, 2020). Ces résultats sont également en adéquation avec ceux de Bianchi et al. (2006), qui ont montré que la diversité d'habitats dans un paysage agricole favorise la colonisation des ennemis naturels, améliorant ainsi le contrôle des ravageurs.

4.4 Perspectives pour améliorer la caractérisation des bénéfiques apportés par la biodiversité fonctionnelle

Enfin, l'étude de l'abondance relative des différents ordres d'arthropodes a montré une forte dominance des diptères. Cet ordre est vaste et comprend de nombreuses espèces pouvant intégrer des groupes fonctionnels positifs ou négatifs. Il est donc nécessaire de mieux identifier les espèces capturées pour comprendre leur impact et leur rôle dans les services écosystémiques. L'établissement d'une morphothèque constitue une première étape importante, mais l'identification plus précise permettraient de qualifier la richesse de la biodiversité fonctionnelle et mieux distinguer les groupes fonctionnels.

5 Conclusion

L'étude menée sur les différents observatoires pilotés a mis en évidence que la diversification végétale pouvait favoriser la biodiversité fonctionnelle. Les résultats montrent que des prédateurs (araignées, coccinelles) et des pollinisateurs (abeilles, syrphes) sont présents de manière régulière sur l'ensemble des sites étudiés même si des fluctuations dans les dynamiques de populations sont observées. Cependant, il n'a pas été clairement établi que la forte diversification végétale au sein des observatoires a permis d'accroître de manière significative la présence des bioindicateurs suivis.



Malgré tout, une augmentation des bioindicateurs a été constatée dans les infrastructures agroécologiques de certains sites comme les bandes fleuries à l'Armefflor ou les haies à l'EPL Forma'terra. Ces zones, support à la production, hébergent de nombreux arthropodes et ces populations peuvent alimenter des flux vers des zones de culture. Cet aspect a été démontré grâce aux piégeages réalisés entre différents compartiments des systèmes de culture illustrant alors des déplacements d'insectes et araignées. Les individus piégés n'ont pas pu être caractérisés jusqu'à l'espèce ce qui ne permet pas de préciser la contribution de cette entomofaune à des services écosystémiques comme la pollinisation et le contrôle des ravageurs. En revanche, l'étude des morphotypes pourraient nous apporter des éléments quant à leurs fonctions principales (auxiliaires, ravageurs...) dans le système de culture.

La transition vers des systèmes de culture diversifiés nécessite une compréhension plus précise des interactions écologiques spécifiques à chaque milieu, ainsi que des stratégies de gestion adaptées pour maximiser les bénéfices écologiques et économiques.

En effet, les systèmes étudiés démontrent un potentiel pour offrir ces services de manière durable. Néanmoins, la variabilité observée pour chacun des indicateurs suivis souligne le besoin de poursuivre les recherches afin d'évaluer plus finement les facteurs influençant ces dynamiques. En effet, les divers leviers agroécologiques mis en œuvre, inspirés de projets antérieurs, ont montré leur pertinence, bien que certaines composantes requièrent encore une évaluation approfondie. Des études supplémentaires permettraient de mieux comprendre l'impact des pratiques culturales sur la stabilité et la résilience des services écosystémiques dans ces systèmes agroécologiques. L'inclusion, dans ces études, du compartiment « sol » serait alors essentielle pour compléter les leviers nécessaires au bon fonctionnement d'un agroécosystème

Ethique

Les auteurs déclarent que les expérimentations ont été réalisées en conformité avec les réglementations nationales applicables.

Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles

Les données qui étayent les résultats évoqués dans cet article sont accessibles sur demande auprès de l'auteur de correspondance de l'article.

Déclaration relative à l'Intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'Intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Les auteurs n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Contributions des auteurs

Rachel Graindorge a rédigé l'article, Camille Bortoli a participé à l'analyses des données, Clarisse Clain, Joël Huat, Luc Vanhuffel et Josian Delaunay ont relu et corrigé l'article.

Déclaration d'intérêt



Les auteurs déclarent ne pas travailler, ne conseiller, ne pas posséder de parts, ne pas recevoir pas de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de cet article, et ne déclarent aucune autre affiliation que celles citées en début d'article.

Remerciements

Nous remercions les personnes qui ont participé au projet et plus particulièrement celles qui ont réalisé les suivis sur le terrain permettant la rédaction de cet article : Céline BARRET, Rose-My PAYET, Marlène MARQUIER et Pauline DECHAMPS.

Déclaration de soutien financier

Ce projet a bénéficié de l'appui financier de l'Office français de la Biodiversité et des contreparties des structures partenaires du projet.

Références bibliographiques :

- Agreste Réunion, 2023. Memento 2023 de la filière fruits et légumes de la Réunion, 24p.
- Beillouin D., Ben-Ari T., Malézieux E., Seufert, V., Makowski D., 2021. Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem service, *Global Change Biology*, 27 (19), 4697-4710.
- Bianchi, F. J. J. A., Booij, C.J.H., Tscharntke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control, *Proceedings of The Royal Society*, 273, 1715-1727.
- Collar, B., Effet de l'organisation spatiale intra-parcellaire des habitats sur le contrôle biologique par conservation : étude et modélisation des déplacements de dermoptères dans les bananeraies, 2020. École Doctorale Agrosociences et Science (ED536), Thèse de doctorat, 169p.
- Deguine J.P., Gloanec C., Laurent P., Ratnadass A., Aubertot J.N., 2016a. Protection agroécologique des cultures, Editions QUAE, 288p.
- Deguine J.-P., Nurbel T., Gloanec C., and Laurent, P., 2016b. Application en cultures maraîchères : l'expérience Gamour. In *Protection Agroécologique des Cultures*, J.-P. Deguine, C. Gloanec, P. Laurent, A. Ratnadass, and J.-N. Aubertot, eds. (France: QUAE), 69–95.
- Deslandes T., Deguine J.-P., Jacquot M., Zoogones A.S., RESCAM : Utilisations de dispositifs agroécologiques en parcelles maraîchères, 2019. *Innovations Agronomiques*, 76, 71-85.
- Gloanec C., Deguine J.P., Vincenot D., Jacquot M., and Graindorge R., 2016. Application en cultures fruitières: l'expérience Biophyto. In *Protection Agroécologique des Cultures*, J.-P. Deguine, C. Gloanec, P. Laurent, A. Ratnadass, and J.-N. Aubertot, eds. (France: QUAE), 97–125.
- Graindorge R., Vanhuffel L., Clain C., De La Brière S., Delaunay J., Huat J., 2024. Co-conception et évaluation de systèmes de culture agroécologiques en milieu tropical. Retour d'expérience du projet DEPHY Expé ST0P – Systèmes de culture Tropicaux Zéro Pesticide de synthèse – 2018-2023 – Île de La Réunion. Saint-Pierre, La Réunion, 68p.
- Landis D.A., Wratten S.D., Gurr G.M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu Rev Entomol* 45, 175-201.
- Le Bellec F., Bruchon L., Vannièrre H., Ehret P., Vincenot D., De Bon H., Marion D., and Deguine J.P., 2015. Guide Tropical – Guide Pratique de Conception de Systèmes de Culture Tropicaux Economes en Produits Phytosanitaires (Paris, France: Cirad), 210p.
- Letourneau D.K., Armbrrecht I., Salguero Rivera, B., Montoya Lerma, J., Jiménez Carmona, E., Constanza Daza M., Escobar S., Galindo V., Gutiérrez C., Duque Lopez, S., Lopez Mejia, J., Acosta Rangel, A.M.,



Herrera Rangel, J., Rivera, L., Saavedra, C.A., Torres, A.M., Reyes Trujillo, A., 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications*, 21 (1), 9-21.

Muneret L., Canard E., Rusch A., *Ecologie des communautés, réseaux trophiques et régulation naturelle*, 2020. In *Biocontrôle, Eléments pour une protection agroécologique des cultures*, X. Fauvergue, A. Rusch, M. Barret, M. Bardin, E. Jacqui-Joly, T. Malausa, C. Lannou, eds (France : QUAE), 91-107

Oliver I., Beattie A.J., 1993. A Possible Method for the Rapid Assessment of Biodiversity. *Conservation Biology*, 7 (3), 562-568.

POSIT TEAM. 2024. *RStudio: Integrated Development Environment for R*. récupéré <http://www.posit.co/>.

Rand T.A., Louda S.M., 2006. Spillover of agriculturally subsidized predators as a potential threat to native insect herbivores in fragmented landscapes, *Conservation Biology*, 20 (6), 1720-1729.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.