

Effets des pratiques agricoles sur les macro-arthropodes du sol dans les bananeraies de Martinique

M. El jaouhari^(1, 3*), G. Damour^(2,3), C. Mauriol^(1,3) et M. Coulis^(1,2)

- 1) CIRAD, UPR GECO, F-97285 Le Lamentin, Martinique, France
- 2) CIRAD, UPR GECO, F-34398 Montpellier, France
- 3) UPR GECO, Université de Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

* Auteur correspondant : meryem.el_jaouhari@cirad.fr

RÉSUMÉ

Les services écosystémiques rendus par la biodiversité du sol sont la clé d'une production alimentaire durable. En Martinique, la banane est la principale culture s'étendant sur 26 % de la surface agricole. Elle est cultivée en tant que monoculture d'exportation et subit une forte pression parasitaire nécessitant l'utilisation de produits phytosanitaires et la mise en œuvre de pratiques souvent nuisibles pour la biodiversité du sol. Il est donc urgent d'identifier et de promouvoir les pratiques innovantes aidant à préserver cette biodiversité. Cette étude vise donc à déterminer l'effet des pratiques agricoles sur les macro-arthropodes du sol. Pour ce faire, nous avons sélectionné 25 parcelles de bananiers de manière à former un gradient de pratiques agricoles dans les agrosystèmes bananiers allant de pratiques agroécologiques aux pratiques intensives en intrants chimiques. Le gradient de pratiques comporte trois catégories représentant des pratiques agricoles contrastées : conventionnel, raisonnée, agroforesterie qui sont complétées par des forêts comme milieu non perturbé et des jachères comme état initial des bananeraies avant la plantation. De plus, nous avons étudié l'effet de la répartition des résidus de culture dans la parcelle, le petit inter-rang étant la zone où les feuilles de bananier sont déposées et le grand inter-rang étant la zone de passage des engins. L'abondance et la diversité des macro-arthropodes du sol ont été mesurées par la méthode des quadrats, suivie d'une extraction de la litière et de sol par la méthode de Tullgren. Un total de seize ordres taxonomiques a été répertorié dans l'ensemble des parcelles de cette étude. Cependant, la diversité n'a pas significativement changé selon les pratiques agricoles. Nos résultats ont montré que l'abondance est plus élevée

Comment citer cet article :

El jaouhari M. , Damour G., Mauriol C. et Coulis M., 2022 - Effets des pratiques agricoles sur les macro-arthropodes du sol dans les bananeraies de Martinique, Étude et Gestion des Sols, 29, 77-91

Comment télécharger cet article :

<https://www.afes.fr/publications/revue-etude-et-gestion-des-sols/volume-29/>

Comment consulter/télécharger

tous les articles de la revue EGS :

<https://www.afes.fr/publications/revue-etude-et-gestion-des-sols/>

en parcelles raisonnées ($1\ 187\pm 146$ ind/m²) que dans les parcelles conventionnelles (971 ± 131 ind/m²). Les détritvires sont le groupe trophique le plus impacté par les pratiques agricoles intensives avec 517 ± 118 ind/m² dans les parcelles agroforestières contre 141 ± 20 ind/m² dans les parcelles conventionnelles. Les isopodes représentent le taxon le plus impacté par les pratiques agricoles intensives en intrants chimiques. D'autre part, à l'échelle intraparcellaire, nos résultats montrent que l'abondance des macro-arthropodes est 20 % plus élevée dans le petit inter-rang, où la masse de litière est plus importante, que dans le grand inter-rang. Cet effet est principalement dû à une forte augmentation de l'abondance des détritvires dans le petit inter-rang. Pour conclure, cette étude montre que la réduction des intrants chimiques et l'adoption des pratiques agroécologiques telles que l'agroforesterie et le paillage peuvent augmenter les populations des macro-arthropodes du sol, notamment les espèces détritvires qui jouent un rôle majeur dans la fertilité des sols.

Mots-clés

Biodiversité du sol, Petites Antilles, Agroécosystème tropical, diplopoda, isopoda, chilopoda, arachnida, insecta.

SUMMARY

EFFECTS OF AGRICULTURAL PRACTICES ON SOIL MACRO-ARTHROPODS IN BANANA PLANTATIONS IN MARTINIQUE

Ecosystem services provided by soil biodiversity are key to sustainable food production. In Martinique, banana is the main crop, covering 26% of the agricultural area. It is cultivated as an export monoculture and is subject to strong pest pressure requiring the use of phytosanitary products and the implementation of practices that are often harmful to soil biodiversity. It is therefore urgent to identify and promote innovative practices that help preserve this biodiversity. This study aims to determine the effect of agricultural practices on soil macro-arthropods. To do so, we selected 25 banana plots in order to form a gradient of agricultural practices in banana agrosystems ranging from agroecological practices to intensive chemical input practices. The gradient of practices comprises three categories representing contrasting agricultural practices: conventional, integrated and agroforestry, which are complemented by forests as an undisturbed environment and fallow lands as the initial state of the banana plantations before planting. In addition, we studied the effect of the distribution of crop residues in the plot; the small inter-row being the area where banana leaves are deposited and the large inter-row being the area where machinery passes. The abundance and diversity of soil macro-arthropods were measured by the quadrat method, followed by litter and soil extraction by the Tullgren method. A total of sixteen taxonomic orders were recorded in all plots of this study. However, the diversity did not change significantly according to agricultural practices. Our results showed that the abundance was higher in plots with integrated crop management (1187 ± 146 ind/m²) than in conventional plots (971 ± 131 ind/m²). Decomposers are the trophic group most affected by intensive agricultural practices with 517 ± 118 ind/m² in agroforestry plots compared to 141 ± 20 ind/m² in conventional plots. Isopods are the most impacted taxa by intensive agricultural practices using chemical inputs. On the other hand, at the intra-plot scale, our results show that macro-arthropod abundance is 20% higher in the small inter-row, where litter mass is greater than in the large inter-row. This effect is mainly due to a strong increase in the abundance of decomposers in the small inter-row. In conclusion, this study shows that the reduction of chemical inputs and the adoption of agroecological practices such as agroforestry and mulching can increase soil macro-arthropod populations, especially decomposer species that play a major role in soil fertility.

Key-words

Soil biodiversity, lesser antilles, tropical agro-ecosystem, diplopoda, isopoda, chilopoda, arachnida, insecta.

RESUMEN

EFFECTOS DE LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS SOBRE LOS MACROARTRÓPODOS DEL SUELO EN LAS PLANTACIONES DE PLÁTANOS DE MARTINICA

Los servicios ecosistémicos que proporciona la biodiversidad del suelo son fundamentales para la producción sostenible de alimentos. En Martinica, el plátano es el principal cultivo, que ocupa el 26% de la superficie agrícola. El plátano se cultiva como monocultivo de exportación y está sometido a una fuerte presión de plagas que exige el uso de productos fitosanitarios y la aplicación de prácticas que a menudo son perjudiciales para la biodiversidad del suelo. Por lo tanto, es urgente identificar y promover prácticas innovadoras que ayuden a preservar esta biodiversidad. Este estudio pretende determinar el efecto de las prácticas agrícolas sobre los macroartrópodos del suelo. Para ello, seleccionamos 25 parcelas de plátano con el fin de formar un gradiente de prácticas agrícolas en los agrosistemas de plátano que van desde las prácticas agroecológicas hasta las prácticas intensivas de insumos químicos. El gradiente de prácticas comprende tres categorías que representan prácticas agrícolas contrastadas: convencional, integrada y agroforestal, que se complementan con los bosques como entorno no perturbado y el barbecho como estado inicial de las plantaciones de plátano antes de la plantación. Además, se estudió el efecto de la distribución de los residuos del cultivo en la parcela, siendo el interlineado pequeño la zona donde se depositan las hojas de plátano y el interlineado grande la zona de paso de la maquinaria. La abundancia y la diversidad de macroartrópodos del suelo se midieron por el método de

cuadrillas, seguido de la extracción de hojarasca y suelo por el método de Tullgren. Se registraron un total de dieciséis órdenes en todas las parcelas de este estudio. Sin embargo, la diversidad no cambió significativamente según las prácticas agrícolas. Nuestros resultados mostraron que la abundancia fue mayor en las parcelas gestionadas ($1\ 187 \pm 146$ ind/m²) que en las parcelas convencionales (971 ± 131 ind/m²). Los alimentadores de detritus son el grupo trófico más afectado por las prácticas agrícolas intensivas, con 517 ± 118 ind/m² en las parcelas agroforestales frente a 141 ± 20 ind/m² en las parcelas convencionales. Los isópodos son el taxón más afectado por las prácticas agrícolas intensivas con insumos químicos. Por otro lado, a escala intraparceldaria, nuestros resultados muestran que la abundancia de macroarthropodos es un 20% mayor en el interparcelario pequeño, donde la masa de mantillo es mayor que en el interparcelario grande. Este efecto se debe principalmente a un fuerte aumento de la abundancia de detritívoros en la fila pequeña. En conclusión, este estudio muestra que la reducción de los insumos químicos y la adopción de prácticas agroecológicas como la agrosil-vicultura y el acolchado pueden aumentar las poblaciones de macroarthropodos del suelo, especialmente las especies detritívoras que desempeñan un papel importante en la fertilidad del suelo.

Palabras clave

Biodiversidad del suelo, Antillas menores, agroecosistema tropical, diplopoda, isopoda, chilo-poda, arachnida, insecta.

Dans les écosystèmes agricoles, la biodiversité des groupes taxonomiques liée aux différents compartiments de la matière organique dans le sol joue un rôle primordial dans la fourniture des services écosystémiques (Swinton *et al.*, 2007 ; Cardinale *et al.*, 2012 ; Bardgett et van der Putten, 2014 ; Tamburini *et al.*, 2020). Ces services se concentrent sur le recyclage des nutriments et du carbone, le maintien de la structure du sol et sa fertilité ainsi que la régulation biologique des ravageurs (Power, 2010). Néanmoins, l'agriculture est une des activités anthropiques qui, en modifiant l'écosystème, peut provoquer un grand impact sur la vie dans le sol, notamment avec les différentes opérations culturales comme le labour, la fertilisation, l'irrigation et l'utilisation des produits phytosanitaires (Paoletti *et al.*, 1991 ; Pelosi *et al.*, 2014 ; Williams *et al.*, 2021).

En effet, de nombreux invertébrés du sol sont sensibles aux perturbations environnementales et répondent rapidement à une pollution des sols (Paoletti, 2012), cela soit par une toxicité due aux pesticides ou par suppression du couvert végétal suite à des traitements herbicides. En outre, le labour exerce un effet direct sur la faune du sol par l'exposition des organismes aux prédateurs, la mortalité des individus suite au passage des engins, ou la modification physique de leurs habitats (Pelosi *et al.*, 2014). L'effet délétère de ces pratiques agricoles sur ces organismes dépend de plusieurs caractéristiques, notamment leur sensibilité, leur stade de développement au moment de l'application (plus l'organisme est à un stade jeune, plus il est vulnérable), leur stratégie de développement *K* ou *r* (les populations d'invertébrés ayant un développement *K* sont plus amenés à disparaître), ainsi que leur distribution verticale dans le sol et leur capacité de recolonisation (Pelosi *et al.*, 2014). De plus, l'absence d'un organisme peut se répercuter sur les liens trophiques engendrant des effets en cascade.

Toutefois, il existe des pratiques agroécologiques comme le paillage, la fertilisation organique, la diminution du labour et la mise en jachère qui pourront amoindrir les perturbations liées à l'agriculture sur les invertébrés du sol, ceci en augmentant leur abondance et leur diversité (Pelosi *et al.*, 2014 ; Coulis, 2021). Il est donc urgent de définir l'effet des pratiques agricoles sur les communautés d'invertébrés du sol (Ponge *et al.*, 2013).

Plusieurs études se sont intéressées à l'effet des systèmes agricoles sur les communautés d'invertébrés du sol. Ces études comparent des savanes, pâturages, et différents systèmes de cultures annuelles ou pérennes entre elles (Fragoso *et al.*, 1999 ; Marichal *et al.*, 2014 ; Suárez *et al.*, 2018). Au-delà de mettre en regard des systèmes de culture très différents, l'effet de la variabilité des pratiques agricoles au sein d'une même culture a été relativement moins étudié (Rousseau *et al.*, 2013). Pourtant, l'hétérogénéité intra-parcellaire est un facteur important de la distribution des organismes du sol, car les organismes sont souvent agrégés dans des micro-habitats qui leur sont favorables. De plus, les pratiques agricoles peuvent fortement modifier cette hétérogénéité intra-parcellaire ; par exemple dans les plantations de palmiers à huile en Indonésie, la disposition des résidus de taille influence la distribution des invertébrés du sol ainsi que la disponibilité des nutriments (Carron *et al.*, 2015, 2016 ; Collard, 2020).

Pour combler ces lacunes, notre étude vise à déterminer l'effet des pratiques agricoles sur les macro-arthropodes du sol en particulier, à travers une étude de cas (i) d'un gradient de pratiques agricoles dans les agrosystèmes bananiers en Martinique, et (ii) de l'hétérogénéité spatiale au sein des parcelles.

En Martinique, la culture de la banane Cavendish est actuellement d'une importance économique majeure. Le système majoritaire est la monoculture de la variété Cavendish, qui connaît une grande pression parasitaire (nématodes, champignons et

charançons) ce qui a conduit à une forte utilisation de produits phytosanitaires, notamment les nématicides, fongicides et herbicides, polluant ainsi les sols. De plus, Le chlordécone, insecticide actuellement interdit (mais employé jusqu'au début des années 90), a été utilisé pendant 20 ans afin de lutter contre le charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus*) et a causé des problèmes environnementaux et de santé humaine majeurs. Il s'agit d'un des éléments déclencheurs ayant poussé les producteurs de la filière banane au développement de pratiques agricoles innovantes. Ces pratiques agricoles s'illustrent par des jachères couplées à l'utilisation de vitroplants de bananiers indemnes de nématodes, par l'application de traitements en fonction du suivi des populations de ravageurs ainsi que l'introduction d'arbres au sein des parcelles. L'utilisation de produits phytosanitaires a donc fortement diminué dans certaines exploitations mettant en œuvre ces pratiques (Risède et al., 2019).

A l'échelle des parcelles, les bananiers sont généralement organisés en rangs jumelés avec des petits inter-rangs de 2 mètres et des grands inter-rangs de 4 mètres de large permettant une meilleure circulation dans la parcelle. Afin de lutter contre la cercosporiose noire (champignon parasite des bananiers), les feuilles nécrosées sont découpées et les résidus sont déposés dans les petits inter-rangs. Ces résidus forment alors une couche épaisse de litière sur le sol (Poeydebat et al., 2017). Dans les grands inter-rangs, le passage des engins est possible pour l'épandage d'engrais, de produits phytosanitaires et le désherbage. Ils sont généralement enherbés ou laissés sol nu.

Toutefois, ces pratiques innovantes ne sont pas encore standardisées chez tous les planteurs. Une vaste diversité de pratiques agricoles allant d'une agriculture conventionnelle à une agriculture utilisant peu de produits phytosanitaires (agriculture raisonnée) et des pratiques innovantes telles que l'agroforesterie sont présentes en Martinique. Notre objectif est donc d'utiliser ces situations contrastées pour étudier l'effet des pratiques agricoles sur la biodiversité des macro-arthropodes du sol dans les bananeraies. Nous faisons l'hypothèse que (1) l'abondance est plus élevée dans les forêts que dans les agroécosystèmes et que (2) l'abondance totale et en particulier des détritivores augmente lorsque l'on passe d'une bananeraie conventionnelle à une bananeraie raisonnée. Nous nous attendons également à ce que (3) la diversité des ordres taxonomiques augmente lorsque l'on passe d'une bananeraie conventionnelle à une bananeraie raisonnée. Cela en partant de l'hypothèse que les produits phytosanitaires ; notamment les herbicides, peuvent avoir un effet direct par toxicité sur les espèces de macro-arthropodes et indirect par suppression du couvert végétal.

A l'échelle intra-parcellaire, nous émettons l'hypothèse que le paillage du sol dans le petit inter-rang confère un habitat et une ressource pour les macro-arthropodes (Coulis, 2021) et que le passage des engins dans le grand inter-rang perturbe les communautés des macro-arthropodes du sol (Paoletti et al.,

1997). Nous nous attendons donc à trouver (4) une plus grande abondance totale ainsi que (5) une plus grande diversité dans le petit inter-rang que dans le grand inter-rang.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Contexte de l'étude

Cette étude a été menée dans un contexte de milieu insulaire tropical à la Martinique. Il s'agit d'une île volcanique située dans l'archipel des petites Antilles (14°40"N, 61°00"O). Elle est bordée par la mer des Caraïbes à l'ouest et l'Océan Atlantique à l'est. Sa superficie est de 1 128 km² et elle compte environ 370 000 habitants. Son relief est montagneux dans l'ensemble et culmine à 1 397 m d'altitude (Montagne Pelée).

Le climat est tropical et comporte deux saisons faiblement prononcées : une saison humide de mai à novembre marquée par des précipitations abondantes, de fortes températures et des risques de vents violents (cyclones), et une saison sèche de février à avril appelée aussi carême, marquée par un déficit de pluviométrie faiblement prononcé. Le climat est variable, il dépend de l'altitude ainsi que de la situation géographique, la côte-au-vent étant beaucoup plus arrosée et exposée au vent que la côte sous-le-vent. La plupart des bananeraies se situent sur la côte atlantique (au-vent), le climat y est caractérisé par une température moyenne annuelle de 26 °C et une moyenne annuelle des précipitations de 2 406 mm (Meteo France, 2018). Nos prélèvements ont tous été réalisés dans le nord atlantique de l'île, en plein cœur de la zone de culture de banane de la Martinique. Dans cette zone, les sols sont issus d'un volcanisme andésitique récent, on retrouve soit des sols peu évolués sur cendre et ponce, soit des andosols jeunes. Ce sont des sols majoritairement sableux, à allophane, à faible CEC et à forte teneur en matière organique.

Choix des parcelles expérimentales

Un ensemble de 15 parcelles de bananiers se répartissant sur 7 exploitations a été sélectionné de manière à représenter tout l'éventail des pratiques agricoles réalisées en Martinique. Cet ensemble de parcelles contrastées a ensuite été ordonné selon un gradient de pratiques agricoles allant des parcelles agroécologiques aux parcelles recevant le plus d'intrants chimiques. La sélection des parcelles a été réalisée à la suite d'entretiens semi-directifs avec des agriculteurs dans le nord-est de la Martinique (secteur où la culture de la banane occupe une place prépondérante). Les agriculteurs ont été interrogés sur leur gestion de l'enherbement, leur gestion des ravageurs, sur le précédent cultural de la parcelle ainsi que sur la présence d'arbres ou non dans les parcelles. Dans le cas où l'enherbement est géré par des herbicides, les deux principales molé-

Tableau 1 - Synthèse des pratiques agricoles recensées lors des entretiens avec les agriculteurs de chaque exploitation. Les pratiques sont considérées homogènes sur toutes les parcelles de chaque exploitation. L'IFT est un indicateur de fréquence de traitements phytosanitaires, il correspond ici au nombre de traitements réalisés par an selon le dosage réglementaire. Il est décliné pour les herbicides (les molécules utilisées sont principalement le glyphosate et le glufosinate) et pour les insecticides/nématicides (la seule molécule utilisée est le fosthiazate).

Table 1- Summary of agricultural practices identified during interviews with farmers on each farm. The practices are considered homogeneous on all the plots of each farm. The IFT is an indicator of the frequency of phytosanitary treatments, it corresponds here to the number of treatments carried out per year according to the regulatory dosage. It is broken down for herbicides (the molecules used are mainly glyphosate and glufosinate) and for insecticides/nematicides (the only molecule used is fosthiazate).

Bananaerie Exploitation	Catégorie de pratique agricole	Nombre de parcelles (nb d'échantillons)	Précédent cultural	IFT Herbicide	IFT nématocide/ insecticide	Présence d'arbres
C1	Conventionnelle	3 (30)	Banancier	5	1	Non
C2	Conventionnelle	3 (30)	Jachère solarisée	2	0	Non
R1	Raisonnée	1 (10)	Canne à sucre	2	0	Non
R2	Raisonnée	2 (20)	Jachère enherbée	1	0	Non
R3	Raisonnée	2 (20)	Jachère enherbée	1	0	Non
R4	Raisonnée	2 (20)	Jachère enherbée	0,5	0	Non
AF	Agroforesterie	2 (20)	Jachère enherbée	0,5	0	Oui

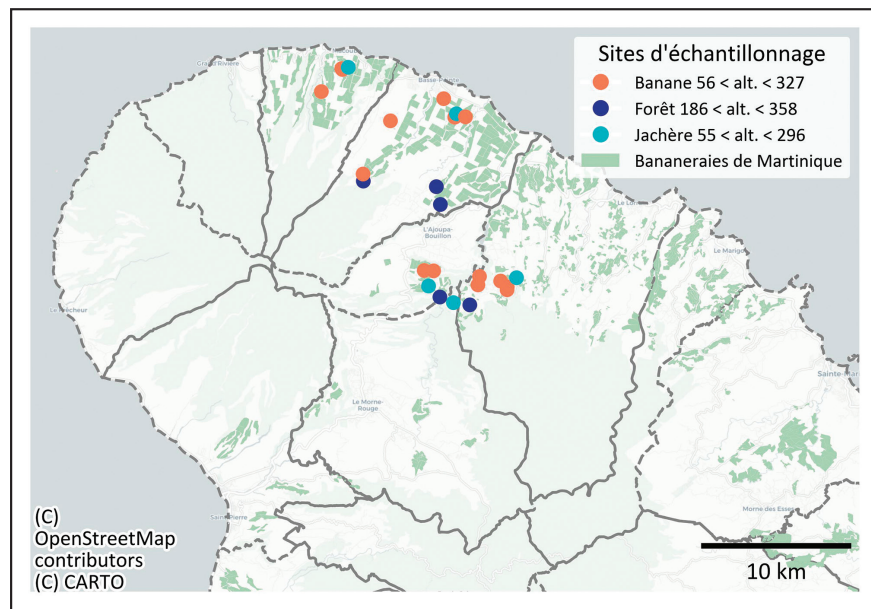
cules utilisées sont par ordre d'importance le glyphosate et le glufosinate. La seule molécule autorisée comme nématocide et également comme insecticide est le fosthiazate. Toutes les parcelles ont eu un travail de sol similaire avant la plantation (roto-bêche et sous-solage à 80 cm). Ainsi, un gradient de pratique agricole a été conceptualisé d'une manière discrète sous forme de 3 catégories, en assignant à chaque exploitation et à chaque parcelle étudiée un type de gestion en fonction des données collectées lors des entretiens (Tableau 1):

- Bananeraies en agroforesterie: 2 parcelles dans une plantation (AF)
- Bananeraies raisonnées: 7 parcelles dans 4 plantations (R1, R2, R3 et R4)
- Bananeraies conventionnelles intensives: 6 parcelles dans 2 plantations (C1 et C2)

En plus des bananeraies, nous avons sélectionné 5 forêts et 5 jachères représentant respectivement le milieu non perturbé et l'état initial de la parcelle (Figure 1). Les écosystèmes et agroécosystèmes ont été classés de la manière suivante selon un gradient d'intensité des pratiques qui reflète notamment une utilisation plus ou moins intense des pesticides: Forêts (F) > Jachères (J) > Bananeraies en agroforesterie (AF) > Bananeraies raisonnées (R) > Bananeraies conventionnelles (C).

Figure 1 - Localisation des parcelles échantillonnées dans le nord de la Martinique. Pour chaque catégorie, la gamme de variation de l'altitude est indiquée dans la légende.

Figure 1 - Location of the sampled plots in the north of Martinique. For each category, the range of elevation variation is indicated in the legend.



Echantillonnage des macro-arthropodes du sol

Cette étude concerne les macro-arthropodes du sol superficiel. Pour estimer leur abondance et leur diversité dans les différentes parcelles, nous avons fait un échantillonnage par la méthode des quadrats, suivie d'une extraction de la litière et de sol par la méthode de Tullgren-Berlèse (David et al., 1999; Coulis, 2021). La période d'échantillonnage a duré du 24/03/2018 au 21/06/2018. Durant cette période, 10 quadrats ont été prélevés sur chacune des parcelles, représentant 250 échantillons au total. Cet échantillonnage a été fait au cours de deux sessions (5 échantillons ont été prélevés sur l'ensemble des 25 parcelles pendant la 1^{re} session, les 5 échantillons suivants pendant la 2^e session), cela afin d'éviter un effet de la saisonnalité sur l'ensemble de la campagne d'échantillonnage (les dates de prélèvement exactes sont indiquées dans le tableau de données disponible sur le dataverse <https://doi.org/10.18167/DVN1/FBZYCT>). De plus, dans le but d'analyser l'effet de l'hétérogénéité spatiale intra-parcellaire sur les communautés des macro-arthropodes du sol, les 10 échantillons prélevés sur chaque parcelle de bananeraies ont été répartis équitablement entre le petit inter-rang (n = 5 échantillons) et le grand inter-rang (n = 5 échantillons). Les jachères et les forêts n'ayant pas d'organisation spatiale particulière, les 10 prélèvements ont donc été répartis aléatoirement sur les parcelles.

Le quadrat utilisé, d'une surface de 25 x 25 cm², a été enfoncé au sol jusqu'à une profondeur de 10 cm. La litière ainsi qu'environ 3 cm de profondeur du sol ont été prélevés et mis directement dans un sachet hermétiquement fermé jusqu'au laboratoire. Le contenu du sachet a ensuite été mis sur une grille placée dans un entonnoir de 35 cm de diamètre sur 45 cm de hauteur. Une ampoule à incandescence a assuré le chauffage et la dessiccation de l'échantillon, ainsi qu'une production de lumière ayant pour effet la descente des invertébrés dans un récipient contenant un liquide de préservation. La faune de chaque prélèvement a donc été collectée dans des pots remplis de 50 % d'éthanol à 70° et 50 % d'éthylène-glycol afin de la conserver en bon état. Après 10 jours, les récipients ont été retirés des extracteurs et transportés au laboratoire pour le tri.

Les litières récupérées ont ensuite été triées au laboratoire afin d'enlever les agrégats de sol collés sur les feuilles en décomposition. Conditionnées dans des barquettes, elles ont été mises dans une étuve à 60 °C pendant 48 heures puis pesées afin d'estimer la masse des litières en kg par m². Cela a été fait pour 6 échantillons par parcelle en prenant en compte 3 échantillons dans le petit inter-rang et 3 échantillons dans le grand inter-rang.

Tous les invertébrés dont la taille était supérieure à 2 mm ont été dénombrés, à l'exception des vers de terre, des guêpes, des diptères, les termites ailés, et des gastéropodes, pour lesquels la méthode d'échantillonnage n'était pas adaptée. Les spécimens ont été identifiés à des niveaux taxonomiques différents selon leur groupe mais, *in fine*, le niveau de détermination

Tableau 2 - Récapitulatif de l'ensemble des taxons considérés dans cette étude et des groupes trophiques qui leur ont été attribués. Le niveau de détermination est précisé pour chaque taxon (Cl. : Classe, Or. : Ordre, Fam. : famille).

Table 2 - Summary of all the taxa considered in this study and the trophic groups that have been assigned to them. The level of determination is specified for each taxon (Cl.: Class, Or.: Order, Fam.: family).

Classe	Taxon	Groupe trophique
Diplopoda	Glomeridesmida (Or.)	Détritivore
	Polydesmida (Or.)	Détritivore
	Polyxenida (Or.)	Détritivore
	Spirobilida (Or.)	Détritivore
	Spirostreptida (Or.)	Détritivore
Chilopoda	Geophilomorpha (Or.)	Prédateur
	Lithobiomorpha (Or.)	Prédateur
	Scolopendromorpha (Or.)	Prédateur
Arachnida	Aranea (Or.)	Prédateur
Malacostraca	Isopoda (Sous Or.)	Détritivore
Insecta	Dermaptera (Or)	Prédateur
	Formicidae (Fam.)	Omnivore
	Blattoptera Or.)	Détritivore
	Dermeisticidae (Fam.)	Détritivore
	Hydrophilidae (Fam.)	Détritivore
	Carabidae (Fam.)	Prédateur
	Scarabeidae (Fam.)	Détritivore
	Staphylinidae (Fam.)	Prédateur
	Curculionidae (Fam.)	Détritivore
	Hemiptera (Or.)	Herbivore
	Orthoptera (Or.)	Omnivore
	Lepidoptera (Or.)	Herbivore

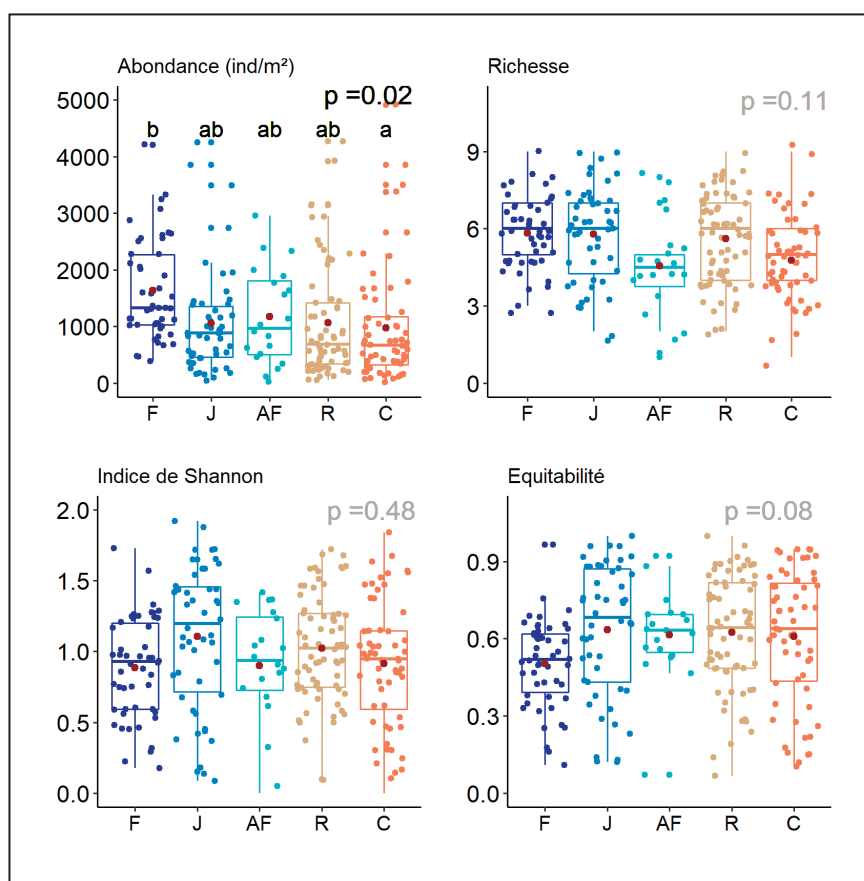
commun qui a été retenu est l'ordre. Une identification plus fine au niveau de certains taxons, tels que les familles d'insectes, a permis de créer 4 groupes trophiques fiables : prédateurs, omnivores, herbivores et détritivores (*Tableau 2*).

Traitement statistique

L'abondance des invertébrés du sol par m² a été calculée pour l'ensemble de la communauté des invertébrés du sol, ainsi que pour les groupes trophiques. Elle a été obtenue en comptant le nombre d'individus de chaque ordre par échantillon (25 x 25 cm²) et en le multipliant par 16 pour avoir le nombre d'individus par m². La richesse a été calculée en additionnant le nombre d'ordres taxonomiques retrouvés dans chaque échantillon. L'indice de

Figure 2 - Boîtes à moustache montrant l'abondance et trois indices de diversité en fonction des pratiques agricoles. Les catégories sont classées par ordre croissant d'intensification. F : Forêt (n=50), J : Jachère (n=50), AF : Agroforesterie (n=20), R : Raisonnée (n=70), C : Conventioneerelle (n=60). Les comparaisons multiples entre les catégories, effectuées par le test de TukeyHSD, sont indiquées par les lettres minuscules.

Figure 2 - Boxplots showing abundance and three diversity indices according to agricultural practices. Categories are ranked in increasing order of intensification. F: Forest (n=50), J: Fallow (n=50), AF: Agroforestry (n=20), R: Reasoned (n=70), C: Conventional (n=60). Multiple comparisons between categories, performed by the TukeyHSD test, are indicated by lower case letters.



Shannon et l'équitabilité ont été calculés en utilisant le package « vegan ». Afin de décrire les changements dans la composition de la communauté entre les différents écosystèmes, une analyse multidimensionnelle non métrique (NMDS) et une analyse des similitudes (ANOSIM) (à l'aide des fonctions MetaMDS et anosim du package « vegan ») ont été réalisées. L'effet des pratiques agricoles ainsi que celui de l'hétérogénéité spatiale intra-parcellaire sur l'abondance totale des groupes trophiques, des classes et les ordres taxonomiques, ainsi que sur les métriques de diversité (richesse des ordres taxonomiques, indice de Shannon et équitabilité) ont été testés par des modèles linéaires généralisés mixtes du package « lme4 » avec un effet aléatoire sur la parcelle. L'abondance suivait une distribution de Poisson, la richesse des ordres et l'indice de Shannon suivaient une distribution normale et l'équitabilité suivait une distribution binomiale. Les tests de Tukey, du package « multcomp », ont été utilisés pour réaliser les tests *post hoc* et construire les groupes. Pour tester si la masse de litière explique l'abondance totale, celle des groupes trophiques et les métriques de diversité, des tests de corrélation entre les variables ont été explorés avec la méthode de régression SMA (en utilisant le package « smartr »). Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec R version 3.3.2 (R core team, 2016).

RÉSULTATS

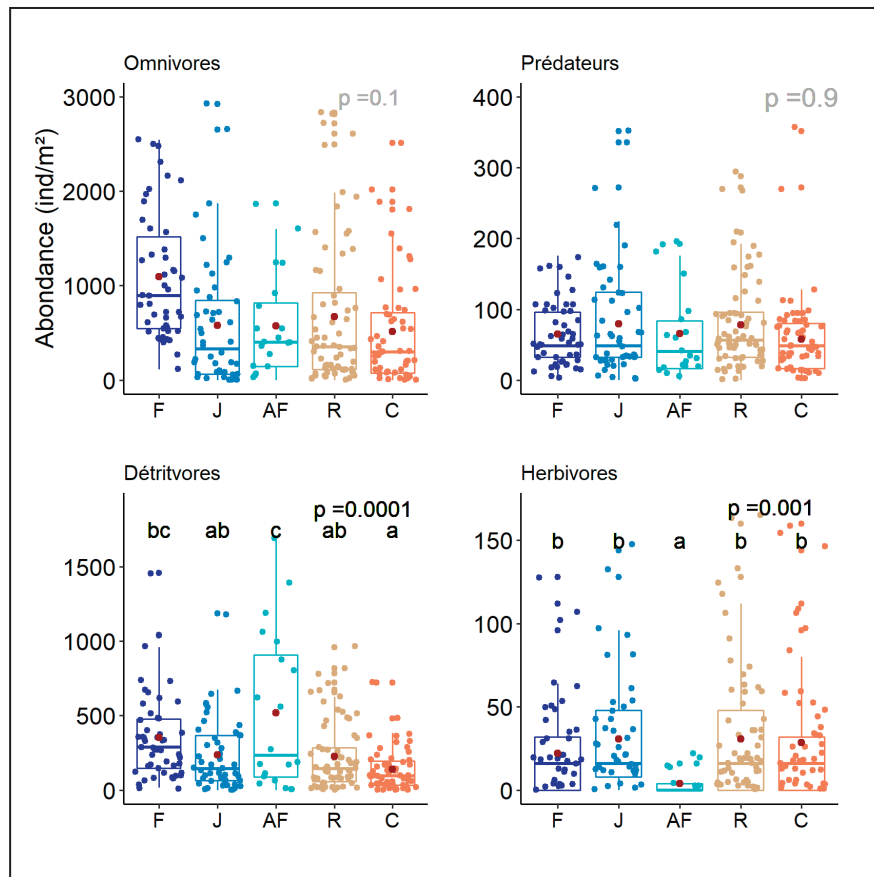
Un total de 19 646 individus a été échantillonné, dont une majorité de fourmis (13 820 individus). L'abondance moyenne par m² sur l'ensemble du jeu de données était de 1 257±76 individus/m². Un ensemble de seize ordres différents ont été identifiés avec une richesse moyenne par échantillon de 5,4±0,1.

Effet des pratiques agricoles sur les communautés d'invertébrés

L'abondance des macro-arthropodes a été significativement plus élevée dans les écosystèmes forestiers (1 934±215 ind/m²) que dans les agroécosystèmes (1 088±74 ind/m²). L'abondance n'a pas significativement varié entre les jachères et les bananeraies agroforestières et raisonnées mais elle était significativement plus faible dans les bananeraies conventionnelles (971±131 ind/m²) (Figure 2). La diversité des ordres et l'indice de Shannon n'ont pas significativement varié en fonction des pratiques agricoles (Figure 2). En revanche, en termes de composition en ordres, l'analyse de similarité (ANOSIM) a montré une légère dissimilarité significative entre les communautés des macro-arthropodes selon les pratiques agricoles (R = 0,06, P = 0,001).

Figure 3 - Boîte à moustache montrant l'abondance de chaque groupe trophique en fonction des pratiques agricoles. Les catégories sont classées par ordre croissant d'intensification. F : Forêt (n=50), J : Jachère (n=50), AF : Agroforesterie (n=20), R : Raisonnée (n=70), C : Conventioneerelle (n=60). Les points rouges indiquent la moyenne. Les comparaisons multiples entre les catégories, effectuées par le test de Tukey, sont indiquées par les lettres minuscules.

Figure 3 - Boxplots showing the abundance of each trophic group according to agricultural practices. The categories are ranked in increasing order of intensification. F: Forest (n=50), J: Fallow (n=50), AF: Agroforestry (n=20), R: Reasoned (n=70), C: Conventional (n=60). Red dots indicate the mean. Multiple comparisons between categories, using the Tukey test, are indicated by lower case letters.



L'abondance des omnivores, prédateurs et herbivores n'a pas significativement varié entre les pratiques agricoles tandis que les détritviores ont été significativement plus abondants dans les systèmes forestiers et agroforestiers, et ont été moins abondants dans les bananeraies avec des pratiques conventionnelles (Figure 3).

Les groupes taxonomiques ont répondu différemment selon les pratiques agricoles. Les arachnides étaient moins abondants dans les bananeraies conventionnelles. Leur abondance était 40 % plus faible que dans les bananeraies raisonnées. Les isopodes (Malacostraca) étaient plus abondants dans les parcelles agroforestières que dans les parcelles raisonnées et conventionnelles (80 % et 87 % respectivement, Tableau 3). Cependant, au sein des chilopodes, les géophilomorphes et les scolopendromorphes étaient plus abondants dans les bananeraies avec des pratiques agricoles intensives et les lithobiomorphes étaient plus abondants en forêts. De plus, les Glomeridesmidae et les Polyxenidae sont des ordres de diplopodes qui ont été retrouvés uniquement en forêt. En revanche, les Polydesmidae étaient plus abondants dans les bananeraies raisonnées (96±16 ind/m²) qu'en forêt (3±1 ind/m²). De même pour les Spirobolidae qui étaient absents en forêt. Cependant, les Spirostreptidae ont été représentés avec des valeurs très

faibles dans notre échantillonnage (en moyenne 0,4±0,1 ind/m²) (Figure 4).

Les insectes, notamment les coléoptères et les hyménoptères, étaient significativement plus abondants dans les forêts que dans les bananeraies conventionnelles. En revanche, les orthoptères étaient plus abondants dans les jachères (3±1 ind/m²) et n'ont pas été collectés en forêts ni dans les parcelles agroforestières. Les larves de lépidoptères étaient plus abondantes dans les bananeraies raisonnées et conventionnelles (3±1 ind/m² pour les deux pratiques). Les blattoptères et les dermoptères étaient significativement plus abondants dans les parcelles agroforestières (respectivement 4±2 et 12,8±6 ind/m²). Les hémiptères étaient plus abondants dans les jachères et les parcelles conventionnelles (38±6 ind/m²) que dans les parcelles agroforestières (4±1 ind/m²) (Tableau 3, Figure 4).

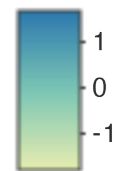
Effet de l'hétérogénéité spatiale intra-parcellaire sur les communautés d'invertébrés du sol

L'abondance des macro-arthropodes était significativement plus élevée dans le petit inter-rang que dans le grand inter-rang.

Tableau 3 - Abondance des 5 Classes d'arthropodes en fonction des pratiques agricoles (F : forêt, J : jachère, AF : agroforesterie, R : raisonnée, C : conventionnelle). Les données sont exprimées en nombre d'individus/m² (moyenne±erreur type). L'effet des catégories a été testé pour chaque Classe par un modèle de type glm, la significativité de cette variable catégorique dans le modèle est indiquée dans la colonne de droite. De plus, des comparaisons multiples entre les catégories, effectuées par le test de TukeyHSD, ont permis de construire des groupes qui sont indiqués par les lettres minuscules. Le code couleur correspond à la moyenne de chaque catégorie pondérée à la moyenne des abondances de tous les systèmes confondus par chaque Classe.

Table 3 - Abundance of the 5 Classes of arthropods according to agricultural practices (F: forest, J: fallow, AF: agroforestry, R: reasoned, C: conventional). Data are expressed as number of individuals/m² (mean±standard error). The effect of the categories was tested for each Class by a glm model, the significance of this categorical variable in the model is indicated in the right-hand column. In addition, multiple comparisons between categories, performed by the TukeyHSD test, allowed the construction of groups which are indicated by lower case letters. The colour code corresponds to the average of each category weighted by the average abundance of all systems combined by each class.

Classe	F (n=50)	J (n=50)	AF (n=20)	R (n=70)	C(n=60)	p
Arachnida	18±3	19±3,4	22±6	21±3,5	8±2	0.11
Diplopoda	112±15	75±14	37±16	122±19	71±17	0.57
Chilopoda	9±2	8±2,7	5±2	10±2	17±3	0.21
Insecta	1595±209 ^b	834±120 ^{ab}	652±117 ^{ab}	946±131 ^{ab}	818±128 ^a	0.04
Malacostraca	210±35 ^{ab}	128±23 ^{ab}	460±112 ^b	93±22 ^a	62±11 ^a	0.001



En moyenne, 1 216±130 ind/m² dans le petit inter-rang, contre 981±123 ind/m² dans le grand inter-rang, soit une abondance 20 % plus élevée dans le petit inter-rang. En revanche, la diversité des ordres taxonomiques (richesse, Shannon et équitabilité) n'était pas significativement différente entre les deux inter-rangs (Figure 5).

L'abondance des 4 groupes trophiques a significativement varié entre le petit et le grand inter-rang. Deux types de réponses face à l'hétérogénéité spatiale sont à distinguer. D'une part, les herbivores étaient concentrés dans le grand inter-rang avec une abondance en moyenne 47 % plus élevée que dans le petit inter-rang (Figure 6). D'autre part, les détritvives et les prédateurs (les omnivores dans une moindre mesure) avaient tendance à être plus concentrés dans le petit inter-rang. En effet, les prédateurs étaient en moyenne 29 % plus abondants, les détritvives ont été en moyenne 53 % plus abondants et les omnivores seulement 8 % plus abondants dans le petit inter-rang que dans le grand inter-rang.

La masse de litière était deux fois plus élevée dans le petit inter-rang que dans le grand inter-rang (respectivement 325±53 et 165±24 g/m², Figure 7) et était corrélée positivement avec l'abondance des détritvives ($R^2 = 0,2$, $P = 1,6e^{-8}$) (Figure 8).

DISCUSSION

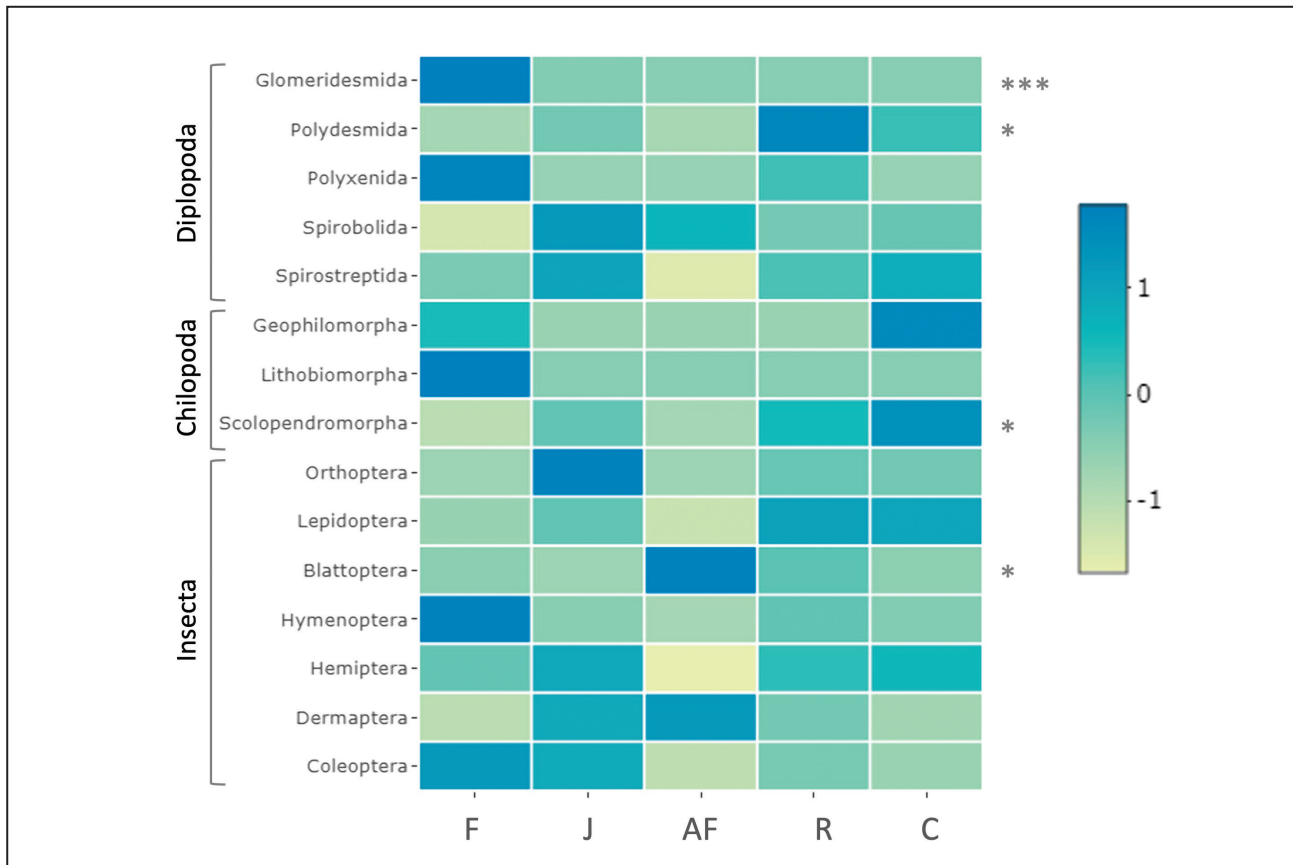
Cette étude contribue à améliorer la connaissance de l'écologie des macro-arthropodes du sol dans les bananeraies de Martinique. L'abondance moyenne par mètre carré des macro-arthropodes du sol observée en Martinique dans ce travail (1257±76 individus/m²) est comparable à celle observée en Amazonie Colombienne (1496±155 individus/m²) (Suárez *et al.*, 2018). Nos données confirment les études de l'effet des pratiques agricoles sur les invertébrés du sol et montrent également que l'abondance des macro-arthropodes du sol est 44 % plus élevée dans des forêts que dans des systèmes cultivés, ce qui confirme notre hypothèse (1). Cette étude confirme également l'existence d'ordres strictement inféodés aux milieux forestiers, ce qui est le cas pour les Glomeridesmidae et Polyxenidae (Diplopoda) et les Lithobiomorpha (Chilopoda).

Effet des pratiques agricoles sur les communautés des macro-arthropodes

Plusieurs études se sont intéressées à l'effet des pratiques agricoles sur les communautés de macro-arthropodes du sol selon des gradients d'intensité des pratiques agricoles, ceci en calculant un indice d'intensification agricole qui prend en compte la fréquence des interventions mécaniques et chimiques et la

Figure 4 - Heatmap de l'abondance de chaque Ordre taxonomique en fonction des pratiques agricoles. Le heatmap propose une représentation en dégradé de couleur basée sur la moyenne pondérée de l'abondance dans chaque système de culture par rapport à la moyenne générale, chaque ordre étant analysé indépendamment. Pour chaque Ordre, un modèle de type glm suivi d'un test Tukey HSD a permis de déterminer si les différences observées sont significatives. Code de significativité : 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**'

Figure 4 - Heatmap of the abundance of each taxonomic order according to agricultural practices. The heatmap provides a colour gradient representation based on the weighted average abundance in each cropping system relative to the overall average, with each order analysed independently. For each Order, a glm model followed by a Tukey HSD test was used to determine whether the observed differences are significant. Significance code: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**'



durée des périodes pendant lesquelles la terre est cultivée (Decaëns et Jiménez, 2002; Tondoh *et al.*, 2011). Ces études comparent différents systèmes de culture tels que les savanes, les pâturages, les cultures annuelles ou pérennes. Dans ce cadre, la comparaison de ces systèmes ayant des pratiques agricoles extrêmement contrastées; allant de pratique de brulis et de labour intense à la forêt primaire sans aucune intervention, produit des résultats souvent très marqués.

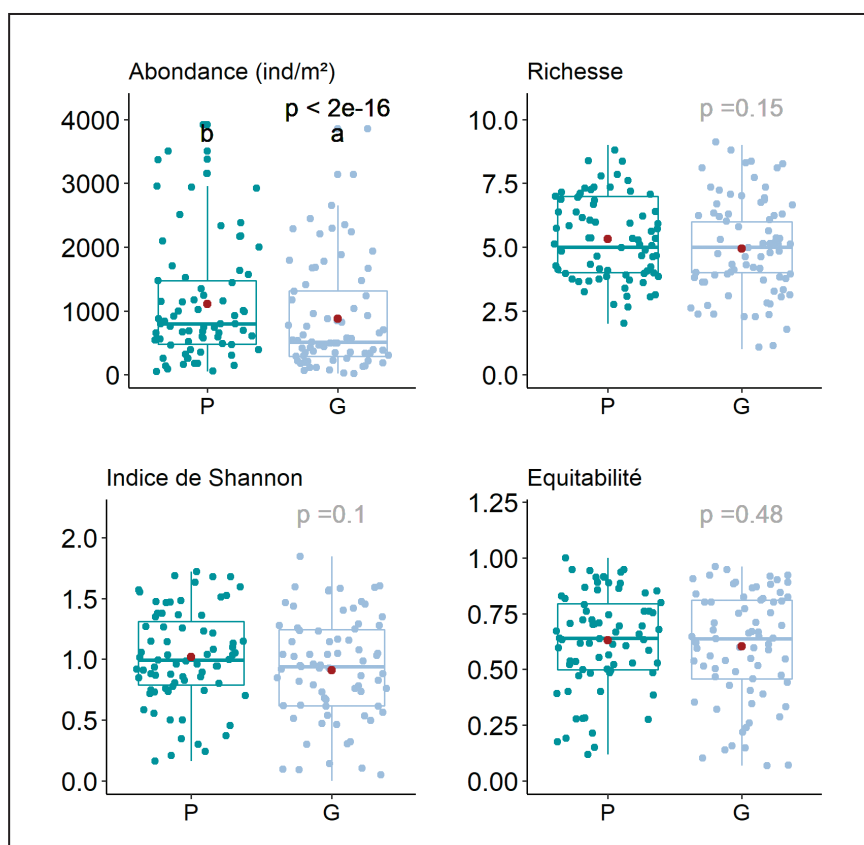
Dans notre étude, nous nous sommes restreints à une seule culture, le bananier. Il s'agit d'une culture semi-pérenne (une parcelle de bananiers est replantée tous les 6 à 8 ans), subissant moins de labour comparativement à d'autres cultures annuelles telles que le maraichage. On retrouve une abondance moyenne de 208 ind/m² de macrofaune de sol en maraichage conventionnel dans le centre de la Martinique (Barois *et al.*, 1988). Par

contre, en bananeraies conventionnelles, l'abondance moyenne retrouvée dans cette étude des macro-arthropodes est de 974 ind/m². Afin d'étudier l'effet des pratiques agricoles sur les communautés de macro-arthropodes en bananeraie, nous avons conçu le dispositif expérimental de manière à exprimer la gradation de l'intensité des pratiques agricoles allant du système forestier sans aucune intervention humaine au système conventionnel intensif utilisant régulièrement des intrants de synthèse et des pratiques nuisibles pour la biologie du sol.

Nos résultats montrent que l'abondance des macro-arthropodes est plus faible dans les parcelles conventionnelles que dans les autres parcelles, ce qui confirme l'hypothèse (2). L'utilisation fréquente des herbicides est la pratique qui distingue le plus les parcelles conventionnelles des autres parcelles (Tableau 1). Nous pouvons donc faire l'hypothèse que la différence

Figure 5 - Boîtes à moustache montrant l'abondance et trois indices de diversité en fonction de l'hétérogénéité spatiale intra-parcellaire (P : petit inter-rang (n=75), G : grand inter-rang (n=75)). Les trois indices de diversité sont calculés à l'échelle de l'échantillon en prenant en compte l'Ordre comme unité taxonomique de référence. Les points rouges indiquent la moyenne.

Figure 5 - Boxplots showing abundance and three diversity indices as a function of intra-plot spatial heterogeneity (P: small inter-row (n=75), L: large inter-row (n=75)). The three diversity indices are calculated at the sample scale using the Order as the taxonomic reference unit. The red dots indicate the mean.



d'abondance observée entre les pratiques agricoles peut être expliquée par l'utilisation des herbicides. Cette pratique agit indirectement sur les communautés des macro-arthropodes en supprimant les adventices couvrant le sol. Cette suppression peut entraîner une altération des conditions microclimatiques (augmentation de la température et diminution de l'humidité) et aussi une suppression des ressources et des apports en matière organique, entraînant une diminution de l'abondance des espèces, et surtout des détritivores (Shelton et Edwards, 1983; De Menezes et Soares, 2016). Cela peut également impacter les niveaux trophiques supérieurs tels que les araignées (Brust, 1990). Nos résultats sont compatibles avec ce raisonnement. En effet, les détritivores et les prédateurs sont moins abondants dans les parcelles conventionnelles (Figure 3, Tableau 3). Leur faible abondance peut donc être un reflet des pratiques agricoles intensives en intrants chimiques. Ils sont également considérés comme auxiliaires de culture. En effet, les araignées et les dermptères sont des prédateurs des ravageurs de cultures (Altieri et Letourneau, 1982; Dassou et Tixier, 2016). Les dermptères les plus abondants que nous avons observés dans nos échantillons sont du genre *Euborellia*. Ces derniers sont de potentiels bio-régulateurs pour le charançon noir *Cosmopolites sordidus*; ravageur du bananier (Mollot *et al.*, 2014). Les détritivores, quant

à eux, participent à la fragmentation, la modification de la structure des litières et stimulent l'activité microbienne dans leurs boulettes fécales (Coulis *et al.*, 2014; Joly *et al.*, 2018).

Des études montrent également un effet direct des herbicides par toxicité, ce qui se traduit par un taux de mortalité élevé et un déclin des populations d'isopodes dans des systèmes agricoles intensifs (Paoletti et Hassall, 1999). Nos résultats vont également dans ce sens. En effet, l'abondance des isopodes est 33 % plus élevée dans les parcelles raisonnées et 87 % plus élevée dans les parcelles agroforestières que dans les parcelles conventionnelles. Ce résultat est compatible avec l'étude de Coulis (2021) qui montre un déclin drastique de l'abondance des isopodes dans les parcelles de cannes à sucre conventionnelles comparées aux parcelles biologiques. Les isopodes peuvent donc être considérés comme bioindicateurs des pratiques agro-écologiques. De plus, ils ont un grand intérêt dans la décomposition de la matière organique dans le sol en contribuant à sa fragmentation et à sa minéralisation

La solarisation (assainissement du sol par élévation de température en utilisant l'énergie solaire) est une pratique utilisée dans une partie des bananeraies conventionnelles de cette étude avant la plantation. Cette pratique consiste à augmenter la température du sol à des hauts niveaux pour éliminer les or-

Figure 6 - Boîtes à moustache montrant l'abondance de chaque groupe trophique en fonction de l'hétérogénéité spatiale intra-parcellaire (P : petit inter-rang (n=75), G : grand inter-rang (n=75)). Les points rouges indiquent la moyenne.

Figure 6 - Boxplots of the abundances of the trophic groups (omnivores, predators, herbivores and detritivores) according to intra-plot spatial heterogeneity (P: small inter-row (n=75), G: large inter-row (n=75)). Red dots indicate the mean.

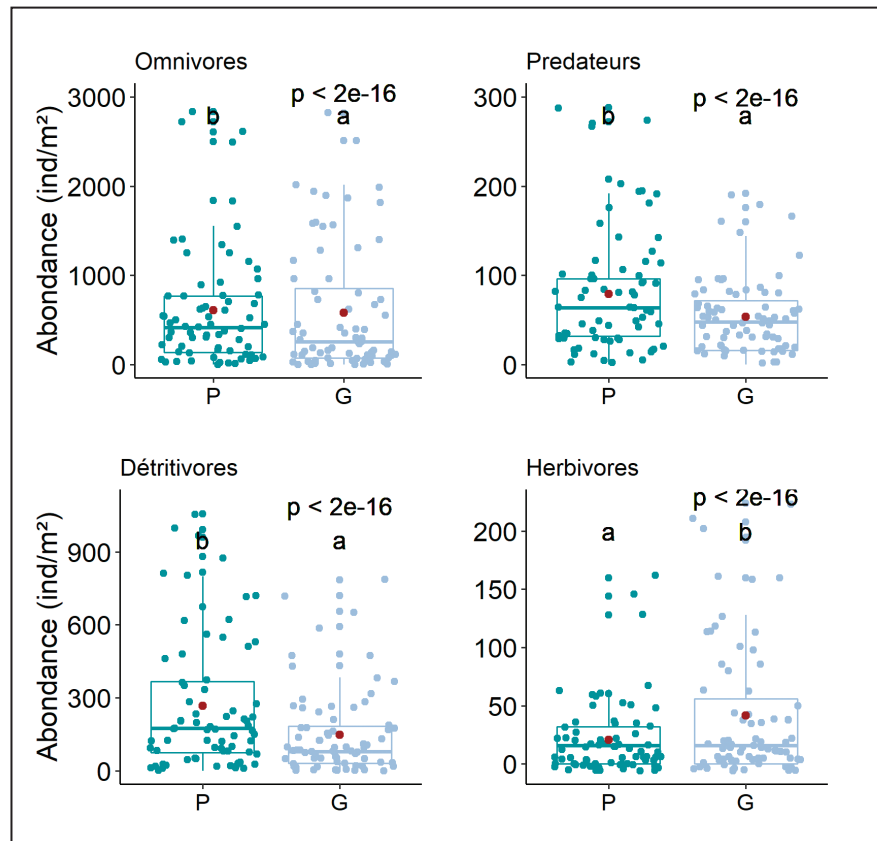


Figure 7 - Boîtes à moustache montrant la masse de litière (kg/m²) en fonction de l'hétérogénéité spatiale intra-parcellaire (P : petit inter-rang (n=48), G : grand inter-rang (n=48)). Les points rouges indiquent la moyenne.

Figure 7 - Boxplots of litter mass (kg / m²) according to intra-plot spatial heterogeneity (P: small inter-row (n=48), G: large inter-row (n=48)). Red dots indicate the mean.

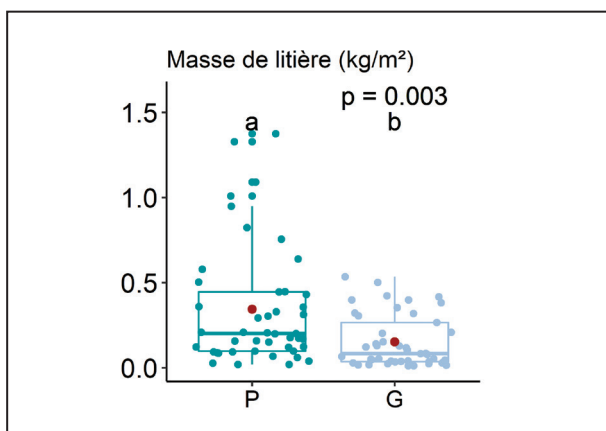
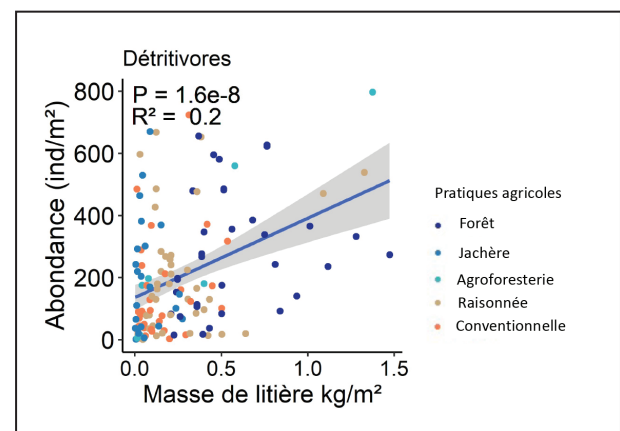


Figure 8 - Relation entre la masse de litière et l'abondance des détritviores. Les points correspondent aux échantillons et leurs couleurs correspondent aux catégories de pratiques agricoles.

Figure 8 - Relationship between the mass of litter and the abundance of decomposers. The dots indicate the data according to agricultural practices.



ganismes pathogènes. Or, elle est aussi nuisible pour diverses espèces de la faune du sol (Seman-Varner, 2005). De plus, une partie des bananeraies conventionnelles utilisent un insecticide à base de fosphiazate pour lutter contre le charançon (*Cosmopolites sordidus*). Cet insecticide agit par contact et par ingestion. Il élimine les nématodes et les insectes. Ces pratiques pourraient certainement expliquer la baisse de l'abondance totale de la communauté des macro-arthropodes.

D'autre part, dans les parcelles agroforestières, nos résultats montrent que les détritivores sont plus abondants (517 ± 118 ind/m²). L'agroforesterie est définie par la présence d'arbres dans les écosystèmes cultivés. Ces arbres confèrent un habitat stable et hétérogène, apportant une couverture au sol avec une plus grande quantité de litière et par conséquent un plus grand approvisionnement en ressources et en micro habitats favorables aux espèces détritivores (Gibson *et al.*, 2011).

En revanche, en ce qui concerne la diversité, nos résultats ne montrent pas une diminution selon le gradient de pratiques agricoles, ce qui rejette l'hypothèse (3). Cela pourrait être expliqué en partie par la différence de composition en taxons entre les différents écosystèmes étudiés. En effet, les chilopodes semblent être plus présents dans les parcelles conventionnelles que dans les autres écosystèmes. Les polydesmes sont plus abondants dans les parcelles raisonnées. Les orthoptères, les spirostreptides et les spirobolides sont plus abondants dans les jachères. Les isoptères et les isopodes sont plus abondants dans les parcelles agroforestières. Et dans les forêts, les hyménoptères, les coléoptères, les Glomeridesmidae et les Polyxenidae sont plus abondants. Il y a donc en parallèle une diminution dans un groupe et une augmentation dans un autre, ce qui pourrait expliquer l'effet non significatif de l'intensification agricole sur la diversité. D'autre part, la diversité dans cette étude est mesurée à l'échelle de l'ordre. La diversité spécifique est donc inconnue. De plus, de nombreuses espèces peuvent avoir des réponses différenciées face aux pratiques agricoles. Or, la résolution taxonomique à l'échelle de l'ordre ne permet pas de détecter ces effets. Un autre biais concerne l'estimation de la diversité, sachant que le nombre des espèces n'est pas équivalent selon les ordres. Une résolution taxonomique plus fine (à l'échelle de l'espèce) dans notre étude pourrait apporter plus d'informations sur la composition en espèces des communautés. Nous nous attendrions donc à une différence plus marquée de la composition spécifique des communautés selon le gradient de pratiques agricoles.

Effet de l'hétérogénéité spatiale intra-parcellaire sur les communautés des macro-arthropodes

Indépendamment des pratiques culturales, nos résultats montrent une abondance totale 20 % plus élevée dans le petit inter-rang que dans le grand inter-rang, ce qui confirme

l'hypothèse (4). Dans les bananeraies de Martinique, l'effeuillage, qui est pratiqué pour lutter contre un champignon parasite des feuilles, a pour conséquence la formation d'un mulch localisé dans le petit inter-rang. La masse de litière au sol est de 325 ± 53 g/m² en moyenne dans le petit inter-rang contre 165 ± 24 g/m² en moyenne dans le grand inter-rang ce qui fournit un apport de matière organique (ressource) et un habitat pour les organismes du sol. Ceci concerne les détritivores se nourrissant de la litière qui sont 53 % plus abondants dans le petit inter-rang, et également les taxons de niveau trophique supérieur notamment les prédateurs et omnivores qui sont respectivement 29 % et 8 % plus abondants dans le petit inter-rang. Les herbivores en revanche sont 47 % plus abondants dans le grand inter-rang que dans le petit inter-rang. Indépendamment des pratiques agricoles et notamment de l'utilisation d'herbicides, le manque de paillage dans le grand inter-rang entraîne un développement des plantes adventices. Par conséquent, même dans les parcelles où les herbicides sont utilisés, il y a « concentration » des herbivores dans le grand inter-rang. Ces derniers sont souvent ailés, notamment les curculionidés, les lépidoptères et les hémiptères. Le passage des engins dans le grand inter-rang pourrait ne pas éliminer leurs populations car ils sont en mesure de fuir mais également de recoloniser plus facilement ce milieu, contrairement aux autres espèces de détritivores et de prédateurs qui sont principalement non-ailées dans cette étude. Nous trouvons d'ailleurs un niveau de diversité similaire entre grand inter-rang et petit inter-rang, rejetant l'hypothèse (5), ce qui suggère, un effet compensatoire d'un groupe par un autre.

Cette étude met ainsi clairement en évidence l'importance du paillage dans les parcelles pour le maintien des communautés de détritivores qui jouent un rôle important dans la fragmentation, la modification de la structure des litières et la stimulation de l'activité microbienne (Lavelle *et al.*, 1993 ; Coulis *et al.*, 2014 ; Joly *et al.*, 2015).

CONCLUSION

Pour conclure, cette étude montre qu'en passant d'un écosystème forestier aux agroécosystèmes bananiers conventionnels, 50 % de l'abondance des communautés de macro-arthropodes du sol est perdue. De plus, au sein des systèmes bananiers, nous avons montré une réponse marquée de l'abondance vis-à-vis des pratiques agricoles, manifestement avec une abondance plus faible dans les parcelles conventionnelles. Le groupe trophique des détritivores est le plus impacté par les pratiques agricoles intensives en intrants chimiques. Or, nous avons confirmé que la présence d'une grande quantité de litière favorise les détritivores, ceci en agroforesterie et de manière générale au niveau du petit inter-rang au sein de l'ensemble des parcelles. En ce qui concerne la diversité des ordres taxonomiques, la réponse de l'ensemble de la communauté n'a

pas changé significativement selon les pratiques agricoles. La diminution dans un groupe et l'augmentation simultanée dans un autre groupe expliquent l'effet non significatif des pratiques agricoles sur la diversité. La principale limite de cette étude est sa faible résolution taxonomique (ordre), une identification des espèces permettrait d'étudier plus en détail l'effet des pratiques agricoles sur la diversité et permettrait probablement de distinguer des réponses contrastées en fonction des stratégies écologiques des espèces.

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux agriculteurs qui ont pris le temps de nous écouter et de répondre à nos questions et qui nous ont permis de réaliser cette étude sur leurs plantations. Nous remercions Laurent Gervais pour son aide dans la sélection des bananeraies, Jérôme Sainte-Rose et Roger Rieux pour leur précieuse aide lors des échantillonnages sur le terrain ainsi que Lilou Leonetti et Patrick Maréchal pour leur aide dans l'identification des araignées. Nous tenons à remercier également Eric Blanchart et Pascale Jouquet pour leur relecture et leurs commentaires très constructifs qui ont poussé à la clarification des propos débattus dans ce manuscrit.

Ce travail a pu être réalisé grâce aux financements obtenus par le Cirad dans le cadre du projet AgroBioDev « Agro-écologie et Biodiversité locale au service du Développement agricole en Martinique » financé par les fonds Feder (fonds européens de développement régional) et la Collectivité Territoriale de Martinique.

BIBLIOGRAPHIQUE

- Altieri M.A., Letourneau D.K., 1982 - Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*, 1, pp. 405-430.
- Bardgett R.D., van der Putten W.H., 2014 - Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, 515, pp. 505-511.
- Barois I., Cadet P., Albrecht A., Lavelle P., 1988 - Systèmes de culture et faune des sols : quelques données. Feller Christian (coord.), *Fertilité des sols dans les agricultures paysannes caribéennes effets des restitutions organiques*. Rapport final : Fort-de-France ORSTOM.
- Blanche C., 2020 - Effet de l'organisation spatiale intra-parcellaire des habitats sur le contrôle biologique par conservation étude et modélisation des déplacements de dermaptères dans les bananeraies. Thèse de doctorat. Université d'Avignon. p., 166
- Brust G.E., 1990 - Direct and indirect effects of four herbicides on the activity of carabid beetles (coleoptera: Carabidae). *Pesticide Science*, 30, pp. 309-320.
- Cardinale B.J., Duffy J.E., Gonzalez A., Hooper D.U., Perrings C., Venail P., Narwani A., Mace G.M., Tilman D., Wardle D.A., Kinzig A.P., Daily G.C., Loreau M., Grace J.B., Larigauderie A., Srivastava D., Naeem, S., 2012 - Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486, pp. 59-67.
- Carron M.P., Auriac Q., Snoeck D., Villenave C., Blanchart E., Ribeyre F., Marichal R., Darminto M., Caliman J.P. 2015 - Spatial heterogeneity of soil quality around mature oil palms receiving mineral fertilization. *European Journal of Soil Biology*, 66, pp. 24-31.
- Carron M.P., Auriac Q., Snoeck D., Villenave C., Blanchart E., Ribeyre F., Marichal R., Darminto M., Caliman J.P., 2016 - Do the impact of organic residues on soil quality extend beyond the deposition area under oil palm? *European Journal of Soil Biology*, 75, pp. 54-61.
- Coullis M., 2021 - Abundance, biomass and community composition of soil saprophagous macrofauna in conventional and organic sugarcane fields. *Applied Soil Ecology*, 164, 103923, 7p.
- Coullis M., Bernard L., Gérard F., Hinsinger P., Plassard C., Villeneuve M., Blanchart E., 2014 - Endogeic earthworms modify soil phosphorus, plant growth and interactions in a legume-cereal intercrop. *Plant and Soil*, 379, pp.149-160.
- Dassou A.G., Tixier P., 2016 - Response of pest control by generalist predators to local-scale plant diversity: a meta-analysis. *Ecology and Evolution*, 6, pp. 1143-1153.
- David J.-F., Devernay S., Loucougaray G., Le Floch E., 1999 - Belowground biodiversity in a Mediterranean landscape: relationships between saprophagous macroarthropod communities and vegetation structure. *Biodiversity and Conservation*, 8, pp. 753-767.
- Decaëns T., Jiménez J.J., 2002 - Earthworm communities under an agricultural intensification gradient in Colombia. *Plant and Soil*, 240, pp. 133-143.
- Fragoso C., Lavelle P., Blanchart E., Senapati B.K., Jimenez J.J., Martinez M.D.L.A., Decaëns T., Tondoh J., 1999 - Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. *Earthworm management in tropical agroecosystems*, pp. 27-55.
- Gibson L., Lee T.M., Koh L.P., Broo, B.W. Gardner T.A., Barlow J., Peres C.A., Bradshaw C.J.A., Laurance W.F., Lovejoy T.E., Sodhi N. S., 2011 - Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature*, 478, pp. 378-381.
- https://donneespubliques.meteofrance.fr/donnees_libres/bulletins/BCMOM/BCMOM_972 - Consulté le 14/10/2021.
- Joly F.-X., Coullis M., Gérard A., Fromin N., Hättenschwiler S., 2015 - Litter-type specific microbial responses to the transformation of leaf litter into millipede feces. *Soil Biology and Biochemistry*, 86, pp. 17-23.
- Joly F.-X., Coq S., Coullis M., Nahmani J., Hättenschwiler S., 2018 - Litter conversion into detritivore faeces reshuffles the quality control over C and N dynamics during decomposition. *Functional Ecology*, 32, pp. 2605-2614.
- Lavelle P., Blanchart E., Martin A., Martin S., Spain A., 1993 - A Hierarchical Model for Decomposition in Terrestrial Ecosystems: Application to Soils of the Humid Tropics. *Biotropica*, 25, p., 130.
- Marichal R., Grimaldi M., Feijoo M.A., Oszwald J., Praxedes C., Cobo D.H.R., Hurtado M.D.P., Desjardins T., Junior M.L.D.S., Costa L.G.D.S., Miranda I.S., Oliveira M.N.D., G. Brown G.G., Tsélouiko S., Martins M.B., Decaëns T., Velasquez E., Lavelle P., 2014 - Soil macroinvertebrate communities and ecosystem services in deforested landscapes of Amazonia. *Applied Soil Ecology*, 83, pp. 177-185.
- De Menezes C.W.G., Soares M.A., 2016 - Impactos do controle de plantas daninhas e da aplicação de herbicidas em inimigos naturais. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 15, p. 2.
- Mollot G., Duyck P.F., Lefeuvre P., Lescourret F., Martin J.F., Piry S., Canard E., Tixier, P., 2014 - Cover cropping alters the diet of arthropods in a banana plantation: a metabarcoding approach. *Plos one*, 9, p. e93740.
- Paoletti M.G., 2012 - Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes: Practical Use of Invertebrates to Assess Sustainable Land Use. Elsevier.
- Paoletti M.G., Boscolo P., Sommaggio D., 1997 - Beneficial Insects in Fields Surrounded by Hedgerows in North Eastern Italy. *Biological Agriculture & Horticulture*, 15, pp. 310-323.
- Paoletti M.G., Favretto M.R., Stinner B.R., Purrington F.F., Bate J.E., 1991 - Invertebrates as bioindicators of soil use. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 34, pp. 341-362.

- Paoletti M.G., Hassall M., 1999 - Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74, pp. 157-165.
- Pelosi C., Pey B., Hedde M., Caro G., Capowiez Y., Guernion M., Peigné J., Piron D., Bertrand M., Cluzeau D 2014 - Reducing tillage in cultivated fields increases earthworm functional diversity. *Applied Soil Ecology*, 83, pp. 79-87.
- Poeysdebat C., Tixier P., De Lapeyre De Bellaire L., Carval D., 2017 - Plant richness enhances banana weevil regulation in a tropical agroecosystem by affecting a multitrophic food web. *Biological Control*, 114, pp. 125-132.
- Ponge J.-F., Pérès G., Guernion M., Ruiz-Camacho N., Cortet J., Pernin C., Villenave C., Chaussod R., Martin-Laurent F., Bispo A., Cluzeau D., 2013 - The impact of agricultural practices on soil biota: A regional study. *Soil Biology and Biochemistry*, 67, pp. 271-284.
- Power A.G., 2010 - Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 365, pp. 2959-2971.
- R core team., 2016 - The R Project for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Risède J.M., Achard R., Brat P., Chabrier C., Damour G., Guillermet C., De Lapeyre De Bellaire L., Loeillet D., Lakhia S., Meynard P., Tixier P., Quoc H.T., Salmon F., Côte F.X., Dorel, M., 2019 - The agroecological transition of Cavendish banana cropping systems in the French West Indies. *Agricultures et défis du monde*, pp. 107-126.
- Rousseau L., Fonte S.J., Téllez O., van der Hoek R., Lavelle P., 2013 - Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in small-holder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecological Indicators*, 27, pp. 71-82.
- Seman-Varner R., 2005 - Ecological effects of solarization duration on weeds, microarthropods, nematodes, and soil and plant nutrients. Thèse de doctorat. University of Florida. p. 92
- Shelton M.D., Edwards C.R., 1983 - Effects of Weeds on the Diversity and Abundance of Insects in Soybeans¹ - *Environmental Entomology*, 12, pp. 296-298.
- Suárez L.R., Josa Y.T.P., Samboni E.J.A., Cifuentes K.D.L., Bautista E.H.D., Salazar J.C.S., 2018 - Soil macrofauna under different land uses in the Colombian Amazon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53, pp. 1383-1391.
- Swinton S.M., Lupi F., Robertson G.P., Hamilton S.K., 2007 - Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecological Economics*, 64, pp. 245-252.
- Tamburini G., Bommarco R., Wanger T.C., Kremen C., van der Heijden M.G., Liebman M., Hallin, S., 2020 - Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science advances*, 6 (45), p. 1715.
- Tondoh J.E., Guéi A.M., Csuzdi C., Okoth P., 2011 - Effect of land-use on the earthworm assemblages in semi-deciduous forests of Central-West Ivory Coast. *Biodiversity and Conservation*, 20, pp. 169-184.
- Williams D.R., Clark M., Buchanan G.M., Ficotola G.F., Rondinini C., Tilman D., 2021 - Proactive conservation to prevent habitat losses to agricultural expansion. *Nature Sustainability*, 4, pp. 314-322.

