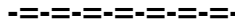


REPUBLIC OF BENIN



Project

Mainstreaming Ecological Organic Agriculture (EOA) into National Policies, Strategies and Programmes in Africa

02 B.P. 8033 Cotonou, Tel : (229) 96 69 10 96

Email : dsvodouhe@yahoo.com

How agricultural practices and landscape composition improve *Cosmopolites sordidus* natural regulation by generalist predators in Benin?

STUDY REPORT

Supported by



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

Summary

Landscape composition, spatial arrangement, and agricultural practices contribute to the stability of arthropod trophic webs and the natural regulation of pests by generalist predators. This study aims to show the influence of the agricultural practices and the composition of the landscape on the abundance and diversity of the arthropods and their implication in the natural regulation of the banana weevil *Cosmopolites Sordidus*. To achieve our objectives, we have explored four villages in the district of Toffo (Benin / West Africa) where banana and plantain production is high. In this study area, we selected 17 farmer fields in which banana corn traps and pitfall traps were used to capture *C. sordidus* and arthropods associated. All the landscape composition in terms of the diversity and abundance of trees and associated crops were determined. Our results showed that the landscape composition such as the trees, including fruit orchards, increase the abundance of arthropods. But this abundance of arthropods decreased with the increase in the distance of the elements of the field. In addition, the interaction of plant diversity at both landscape and field local scales increased the abundance of arthropods and decreased the abundance of the *C. sordidus* weevil. The study showed that the agricultural practices adopted by the farmers such as the age of the field and the number of plants of banana and plantains did positively affect the abundance of the weevil, while the crop rotation reduced the abundance of *C. sordidus*. We conclude that diversified landscapes and agricultural practices such as crop rotation hold most potential for the conservation of arthropod biodiversity and sustaining the pest control function in banana agro ecosystems.

Perspectives : i) Assessment of different silicate-neem-based biopesticides in the biological pest management improvement of cotton pests, ii) Sensitization and training of farmers on innovative strategies of biological pest management.

Impacts: The result of the two studies has been shared with farmers of the study areas, agricultural project managers, district extension workers for validation and enrichment of the results. This is followed by awareness raising about the need to promote the diversified landscape and agricultural practices such as crop rotation for the conservation of arthropod biodiversity and sustaining the pest control function in banana and tomatoes agro ecosystems. These study results have been proposed for publication. At the total, 30 tomatoes farmers, 17 banana farmers, 5 district extension workers, 4 agricultural researchers and 2 ONG actors have been sensitized on the importance of the intercropping and crop rotation in the ecological pest management.

1. Introduction

La diversité des plantes dans les écosystèmes contribue à la stabilité de l'ensemble des réseaux trophiques des arthropodes (Eisenhauer et al. 2013; Haddad et al. 2011). Elle favorise l'abondance des populations des arthropodes notamment celle des niveaux trophiques supérieurs (Dassou et al. 2016 ; Tylianakis et al. 2007 ; Loranger et al., 2014) et augmente la prédation des ravageurs des cultures (Landis et al. 2005 ; Tylianakis and Romo 2010). Cette diversité des plantes s'observe dans les paysages naturels tropicaux qui renferment une grande biodiversité grâce à leurs habitats plus complexes, que les cultures annuelles qui sont fragilisées par les années de simplification et de perturbations (Altieri et Nicholls, 2003). Une telle variabilité des ressources disponibles favorise le développement des arthropodes prédateurs qui peuvent se déplacer ensuite vers les parcelles cultivées et permettre ainsi de réduire la population des ravageurs (Tsharntke et al., 2007). Ainsi, plusieurs autres facteurs comme les pratiques culturales des agriculteurs peuvent aussi contribuer au développement des prédateurs généralistes.

La gestion efficace des pratiques culturales (association des cultures, rotation, jachère, ...) modifie les réseaux trophiques des arthropodes et augmente la diversité des prédateurs généralistes (Duyck et al., 2011, Letourneau et al., 2011). En effet, les systèmes de cultures associées sont plus stables dans le temps que les monocultures (Tilman et al., 2002) et ont une influence sur la population et la densité des prédateurs généralistes. Aussi, la mise en place d'une plante de couverture associée aux cultures favorise le développement d'une proie alternative et augmente la diversité des ennemis naturels des ravageurs (Bais et al., 2006). Dans ces systèmes multi-espèces, la dispersion du ravageur ainsi que les possibilités de retrouver ses plantes hôtes deviennent difficiles à cause de la concentration des ressources alimentaires végétales et aussi l'obstacle physique que constitue ce mélange de plantes de différentes espèces (Vinatier et al., 2010, 2011, Dassou et al. 2016). De même, la pratique régulière de la jachère et la rotation des cultures privent les ravageurs de leurs sources d'alimentations et une perte des lieux de pontes ce qui entraîne une réduction de la population (Rhino et al., 2010).

Au Bénin la production bananière est concentrée au Sud du pays sur de petites superficies et majoritairement en association avec d'autres cultures et des arbres forestiers et fruitiers. Elle est souvent pratiquée dans les bas-fonds, à proximité des cours d'eau ou en petits lots dans les champs et derrière les cases (Pedro 1999). Ce paysage agricole présente une forte diversité d'habitats favorables aux arthropodes notamment les prédateurs généralistes qui pourraient jouer un rôle important dans la régulation des ravageurs. De plus, les pratiques culturales comme la rotation des cultures et le mélange de plusieurs variétés de bananiers et plantains au sein de la même parcelle cultivée constituent des éléments importants de réduction de l'incidence du ravageur. Malgré l'importance de la diversité des plantes dans ces systèmes de culture, le charançon du bananier du bananier *Cosmopolites sordidus* constitue toujours une menace pour la production de la banane et plantain dans ces régions (Lokossou et Achigan, 2000 ; Pedro 1999).

Le charançon du bananier *Cosmopolites sordidus* constitue le principal ravageur du bananier. Originaire du Sud – Est asiatique (Malaisie et Indonésie), le charançon s'est ensuite diffusé dans toutes les régions tropicales et subtropicales productrices de bananiers et plantains (Gold

et al., 2001 ; Mille etCazères., 2006).Les études ont montré que les pratiques culturales et la diversité paysagère augmentent la diversité des différents compartiments vivants des bananeraies (microflore et macrofaune du sol et de la litière) (Quén hervé et al., 2005) et influence les populations d'insectes en particulier les prédateurs généralistes de *C. sordidus* renforçant sa régulation biologique (Duyck et al., 2011 ; Ganry, 2004). Cependant, jusqu'à présent aucune étude ne s'intéresse à la détermination de la composition du paysage et des pratiques culturales et leur implication dans la régulation du *C. sordidus* au Bénin.

La présente étude vise à déterminer le rôle des pratiques culturales et de la composition du paysage dans l'amélioration de la régulation naturelle du charançon du bananier *Cosmopolites sordidus* par les prédateurs généralistes dans la commune de Toffo au Sud du Bénin.

2. Methodologies

2.1. Milieu d'étude

La commune de Toffo concernée par notre étude est située dans la zone septentrionale du département de l'atlantique avec une superficie de 492 km² environ 15% de la superficie du département, et 0,42% de la superficie totale du Bénin. Elle est limitée au Nord par la commune de Zogbodomey dans le département du Zou, au Sud par la commune d'Allada, à l'Est par la commune de Zè (au Sud-Est) et à l'Ouest par le fleuve Couffo servant de frontière naturelle avec la commune de Lalo dans le département du Couffo. La commune de Toffo est subdivisée en 10 arrondissements, décomposés en 54 villages. Le chef-lieu de la commune est l'arrondissement de Toffo-centre situé à environ 81km de Cotonou (Adjovi, 2006).

2.2. Collecte des données

Dans chaque village prospecté, les producteurs sont interviewés à travers un questionnaire semi structuré après une brève explication des objectifs de l'étude. Des parcelles sont délimitées en fonction de la superficie et de la disposition de la bananeraie du producteur. Les producteurs sont amenés ensuite à identifier dans chaque parcelle les différentes variétés de bananiers et plantains présentes. Nous avons procédé au comptage de chaque variété en vue de déterminer leur abondance. Les bananiers étant généralement en association avec d'autres cultures dans la zone d'étude, les cultures associées sont répertoriés et comptées. De plus, les autres éléments du paysage tel que la forêt, les cases, les cours d'eau, les cultures voisines, les grands arbres notamment les fruitiers sont également répertoriés, comptées et leurs distances respectives de la plantation sont mesurées en unité de mesure.

2.3. Pose des pièges et collecte des insectes

Deux types de pièges ont été utilisés dans les différentes plantations lors de notre étude: les pièges à pseudotrunc de bananier pour capturer le charançon *Cosmopolites sordidus* et les pièges pitfall adaptés afin de piéger les autres arthropodes associés au charançon. Les pseudotrons de bananier sont coupés, fendus en deux et déposés par terre près du pied de bananiers selon la méthode de Vilardebo (1950). Au total 10 pièges de pseudotrunc de bananiers sont posés dans chaque parcelle de manière à couvrir l'ensemble de la parcelle. Les pièges pitfall adaptés utilisés sont des bidons de ½ litres vides, coupés en deux et remplis à

moitié d'eau savonneuse pour empêcher les insectes de s'échapper des pièges. La solution est enfoncée près du pied du bananier de manière à ce que l'ouverture du piège ait le même niveau que le sol. Les pièges pitfall adaptés sont posés en association avec celle de pseudotruncs à raison de 10 pièges pitfall adaptés pour 10 pièges à pseudotrunc de bananier. Les pièges ont été visités deux fois, les 4^{ème} et 8^{ème} jours après la pose. Lors du premier passage, toutes les espèces de prédateurs ainsi que le charançon *C.sordidus* capturées dans chaque piège sont collectées dans des tubes distincts et bien étiquetés. Les pièges à pseudotrunc de bananier en voie de décomposition ainsi que les pièges pitfall adaptés sont vidés et remplacés (Gold et al., 2001). Pour le deuxième passage, les différentes espèces sont collectées également dans des tubes distincts. Tous les échantillons des deux pièges ont été conservés dans une solution d'alcool à 70°C pour la description taxonomique au Laboratoire.

2.4. Analyse des données

Les données collectées ont été traitées et analysées par le logiciel Microsoft Excel 2010 et le logiciel R. Le Modèle Linéaire Généralisé (GLM) avec la famille poisson a été utilisé pour déterminer la relation entre i) les abondances des composantes du paysage et les abondances des arthropodes ; ii) la diversité des plantes à l'échelle parcellaire et paysagère et l'abondance et la diversité des arthropodes ; iii) la diversité des plantes à l'échelle parcellaire et paysagère et l'abondance du charançon du bananier ; iv) la distance des composantes du paysage et les abondances des arthropodes et enfin v) les types de pratiques culturales et les abondances des arthropodes et du charançon du bananier.

3. Résultats

3.1. Relation entre les composantes du paysage et l'abondance des arthropodes

L'analyse de variance (ANOVA) réalisée pour déterminer l'abondance des composantes du paysage sur l'abondance des arthropodes collectés dans les parcelles paysannes montre un effet hautement significatif pour les cours d'eau (Df = 1 ; P = 0,000508) et les forêts (Df = 1 ; P < 0,00001) et un effet significatif pour les cultures voisines (Df = 1 ; P = 0,0211) alors que l'effet n'est pas significatif pour l'abondance des cases de maison (Df = 1 ; P = 0,501). Les cours d'eau ont un effet positif sur l'abondance des arthropodes alors que l'effet est négatif en ce qui concerne les forêts et les cultures voisines.

La même analyse de variance a été réalisée pour déterminer l'influence des abondances des arbres notamment des fruitiers sur l'abondance des arthropodes collectés dans les parcelles paysannes de bananiers et plantains. Les abondances de tous les arbres ont un effet hautement significatif (Df = 1 ; P < 0,00001) sauf *Jatropha curcas* dont l'effet est significatif (Df = 1 ; P = 0,00839), *Mangifera indica* (Df = 1 ; P = 0,29359) et *Cola nitida* (Df = 1 ; P = 0,31465) dont les effets ne sont pas significatifs. Les plantes *Jatropha curcas*, *Cocos nucifera*, *Tectona grandis*, *Azardirachta indica*, *Citrus sinensis* et *Citus limon* ont des effets positifs sur l'abondance des arthropodes dans ces systèmes de culture. L'effet est négatif en ce qui

concerne *Dracaena arborea*, *Elaeis guineensis*, *Cola acuminata*, *Moringa oleifera*, *Psidium guajava*. *Carica papaya*.

La distance à laquelle se trouve chaque composante du paysage peut influencer l'abondance des arthropodes. L'ANOVA montre un effet significatif des distances des cultures voisines (Df = 1 ; P = 0,044), des cases (Df = 1 ; P < 0,00001) et des autres plantes (Df = 1 ; P < 0,01) autour des parcelles paysannes sauf les forêts (Df = 1 ; P = 0,98), *Citrus sinensis* (Df = 1 ; P = 0,30). La distance à laquelle se trouvent *Dracaena arborea*, *Cocos nucifera*, *Elaeis guineensis*, *Tectona grandis*, *Azadirachta indica*, *Psidium guajava* et *Citrus limon* favorise l'augmentation des abondances des arthropodes des agroécosystèmes des bananiers et plantains. Par contre, la distance des cours d'eau, des cases, de *Mangifera indica*, *Cola acuminata*, *Citrus sinensis* et *Carica papaya* des parcelles des bananiers et plantains contribue à la réduction des abondances des arthropodes.

3.2. Influence de la diversité des plantes aux échelles paysagère et parcellaire sur la diversité et l'abondance des arthropodes et l'abondance du charançon du bananier

Les analyses statistiques ont montré que la diversité des plantes à l'échelle du paysage a un effet significatif positif sur l'abondance des arthropodes (Estimate = 0,416 ; P < 0,00001 ; Df = 1). L'interaction de la diversité des plantes à l'échelle du paysage et la diversité des plantes à l'échelle parcellaire a un effet significatif positif sur la diversité des arthropodes (Estimate = 0,857 ; P = 0,0234 ; Df = 1). Par contre, l'analyse de variance a aussi montré que cette interaction de la diversité des plantes à l'échelle du paysage et la diversité des plantes à l'échelle parcellaire a un effet significatif négatif sur l'abondance du charançon (Estimate = -4,51 ; P = 0,043 ; Df = 1).

3.3. Différentes pratiques culturales et leur influence sur l'abondance du charançon du bananier

Dans ces systèmes de production, tous les producteurs réalisent des mélanges de variétés de bananiers et plantains dans la même parcelle, entretiennent les plantations, laissent les résidus de récoltes dans les champs et ont des bananiers en touffes. 84% de ces producteurs réalisent l'association des cultures et seulement 8% pratique la rotation culturale. Les pratiques culturales telles que la jachère, la fertilisation, l'irrigation et l'utilisation des pesticides ne sont point pratiquées par les producteurs de bananiers et plantains la zone d'étude.

Dans ces agro écosystèmes, l'âge des parcelles des bananiers et plantains, le nombre de plants de bananiers et plantains, le nombre de rejets par plant et le nombre de variétés de bananiers ont des effets significatifs sur l'abondance du charançon du bananier (Df = 1 ; P < 0,01). L'âge de la parcelle et le nombre de pied de bananiers et plantains ainsi que la superficie agissent positivement sur l'abondance du charançon alors que la rotation, le nombre total de plantains ainsi que le nombre de rejet par plant de bananiers et plantain réduisent l'abondance du charançon *Cosmopolites sordidus*.

4. Discussion

4.1. Relation entre les composantes du paysage et l'abondance des arthropodes

Il ressort de cette étude que les composantes du paysage augmentent l'abondance des arthropodes sauf les cases de maisons. En effet, l'étude révèle que les cours d'eau augmentent l'abondance des arthropodes, cela pourrait bien s'expliquer par les conditions d'humidité particulière qui règne au niveau de ces zones, lesquelles sont favorables pour le développement d'une large gamme de plante et cela sur une période aussi longue de l'année. La disponibilité des ressources primaires au sein de l'écosystème augmente les insectes consommateurs primaires (les herbivores) ce qui peut avoir un effet sur la diversité des consommateurs secondaires en offrant une grande abondance de proie (Mollot et al., 2012 ; Marshall et Moonen, 2002). Par contre, l'abondance des forêts, des cases de maison et des cultures voisines ont montrées une diminution des arthropodes. La diminution des arthropodes due à l'abondance des cases de maison pourrait s'expliquer par l'impact des activités domestiques (sarclages réguliers des alentours de la maison, les déchets de cuisines, les tas d'ordures...). L'effet négatif des forêts sur l'abondance des arthropodes est contraire aux études de Altieri et Nicholls., (2003), et Cardinale et al., (2012) qui avaient noté une abondance des arthropodes vu les conditions particulière de l'écosystème qui règne au niveau des forêts. Ces résultats pourraient s'expliquer par l'état de l'écosystème qui règne au sein de ces forêts et de l'influence qu'exerce la population locale sur ces ressources (abattages anarchiques des arbres, passage des bœufs,...) qui fragilisent les ressources, l'habitat et la tranquillité de l'écosystème. Cet effet des forêts sur l'abondance des arthropodes pourrait aussi varier en fonction de la distance entre cette composante du paysage et les parcelles de bananiers. La proximité des forêts des bananeraies dans la zone d'étude pourrait expliquer l'effet positive de la distance des forêts sur l'abondance des arthropodes, ceux qui confirme ainsi les travaux de Tsharntke et al., (2007) qui ont montré la possibilité de déplacement des arthropodes des forêts vers les parcelles cultivées situées à proximité. Nos résultats ont révélé un effet hautement significatif de tous les arbres notamment les fruitiers qui sont associés aux plantations de bananiers et plantains dans la zone d'étude ce qui confirme les études de Dassou et al., (2015) , Scherber et al. (2010) et Haddad et al., (2009) qui ont montré que la diversité des plantes augmente fortement les abondances des arthropodes notamment des prédateurs généralistes dans les agrosystèmes des bananiers et plantains.

4.2. Influence de la diversité des plantes aux échelles paysagère et parcellaire sur la diversité et l'abondance des arthropodes et l'abondance du charançon du bananier

L'interaction de la diversité des plantes à l'échelle du paysage et la diversité des plantes à l'échelle parcellaire augmentent l'abondance des arthropodes. Ces résultats confirment bien les travaux de Chaplin-Kramer et al., (2011) et Sarthou et al., (2014) qui ont notamment mis l'accent sur l'importance de l'abondance des prédateurs à l'échelle locale ou de la parcelle qu'au niveau du paysage. Cela s'explique par les difficultés des agriculteurs à gérer les communautés de plantes à une l'échelle plus vaste (paysage) (Scherber et al. 2010) et la sensibilité de certains arthropodes aux facteurs parcellaires qu'à des échelles plus grandes

comme le paysage (Thies et al., 2005; Perovic et al., 2010). La méta-analyse de Letourneau et al. (2011) et Dassou et al., (2015) confirment également que la diversité végétale augmente l'abondance des arthropodes au niveau des échelles parcellaires.

En outre, l'interaction de la diversité des plantes à l'échelle du paysage et à l'échelle de la parcelle diminue les populations du charançon *Cosmopolites sordidus*. Ces résultats prouvent l'action de l'abondance des arthropodes qu'offre la diversité à ces échelles dans la régulation de *Cosmopolites sordidus*, ce qui confirme la méta-analyse de Letourneau et al. (2011) qui a montré qu'une augmentation de la diversité végétale réduit l'abondance des herbivores et augmente la population des prédateurs et par conséquent favorisent la régulation des herbivores. D'autres études ont également montré que la diversité végétale autre que la plante hôte peut modifier la dispersion de *C. sordidus* grâce à la complexité de l'habitat (Vinatier et al., 2010, 2011). La diversité des plantes au sein de la parcelle constitue également un obstacle physique pour le charançon *Cosmopolites sordidus* dans l'identification de la plante hôte, comme le confirme les études de Dassou et al., (2016). Ce qui fragmente ainsi les ressources du charançon *C. sordidus* (Vinatier, Lescourret, Duyck et Tixier, 2012).

4.3. Relation entre les pratiques culturales et l'abondance des arthropodes

L'analyse des pratiques culturales utilisées par les producteurs dans les différentes plantations de bananeraies a montré une diminution de l'abondance des arthropodes. Ces résultats corroborent ceux de Altieri et Nicholls., (2003) qui ont montré que les perturbations et les simplifications dues aux activités des champs diminuent l'abondance des arthropodes. L'équilibre et la stabilité de l'écosystème exige une certaine tranquillité de l'environnement que les pratiques culturales utilisées par les producteurs brise, pour permettre une émergence des arthropodes. Cela se traduit dans la zone d'étude par l'absence des pratiques culturales comme la jachère qui devrait permettre une renaissance de la biodiversité végétale et favoriser une augmentation des populations d'arthropodes (Duyck et al., 2011).

4.4. Relation entre les pratiques culturales et l'abondance du charançon du bananier

Par ailleurs, les pratiques culturales telles que l'âge des parcelles, la superficie, le nombre de pieds et le nombre de plantain favorisent l'augmentation de l'abondance du charançon du bananier *Cosmopolites sordidus*. Ces résultats se justifient si nous supposons que les vieilles parcelles sont plus infestées et susceptibles d'abriter plus de charançons et l'augmentation de la superficie est corrélée avec l'augmentation des ressources disponibles. Les fortes densités de plantations créent un microclimat favorable au développement du ravageur du bananier *Cosmopolites sordidus* (Lassoudière, 2007) ce qui confirme parfaitement la forte densité des bananeraies observées dans la zone d'étude et surtout la disposition en touffes des bananeraies. De même que l'augmentation de la superficie favorise un habitat ainsi qu'une disponibilité accrue des ressources du milieu pourrait justifier ces résultats obtenus. Par contre, la rotation, le nombre de rejet par plant et le nombre total de plantains ont des effets négatifs sur l'abondance du charançon du bananier *Cosmopolites sordidus*. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que la rotation des cultures permet de briser le cycle de développement du charançon (absence de la plante hôte) mais favorise également l'émergence d'une diversité d'être vivant y compris les prédateur du charançon. De même, le nombre de plants ainsi que leur dispositions dans l'espace (dispositions en touffes des bananiers dans la

zones d'étude) pourrait être des freins à l'accroissement de la population du charançon vu que ce dernier ne vole pas et se déplace très peu (Gold *et al.*, 2001). La distance qui sépare chaque touffe de bananiers ainsi que la présence d'une autre plante autre que le bananier dans ces espaces pourrait détourner le charançon et réduire ces chances de retrouver une autre plante de bananier et par conséquent participé à la réduction de la population (absence de la plante hôte entraîne une difficulté de s'alimenté car le charançon est oligotrophe, absence de lieux pontes...) (Mollet *et al.*, 2012).

Acknowledgements

We thank the tomato farmers of south of Benin for allowing us to work in their fields. This work was funded by Ecological Organic Agriculture (EOA).

Références bibliographiques

- Aby, N., Kobenan, K., Kehe, M., Gnonhour, P., Kone, D., and Zouzou, M. (2010) *Metarhizium anisoplae*: parasite du charançon noir du bananier *Cosmopolites sordidus* dans les bananeraies Ivoiriennes, Côte d'Ivoire, Journal of Animal & Plant Sciences, Vol. 7, page 13.
- Adjovi, N. R. A. (2006). Monographie de la commune de Toffo; p 43.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I. (2003). Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. Soil & Tillage Research 72, 203-211.
- Apo, B. T. (2012) La culture des bananiers au Sénégal. Dakar, Sénégal, 17 pages.
- Bais, H.P., Weir, T.L., Perry, L.G., Gilroy, S., Vivanco, J.M. (2006). The Role of Root Exudates in *Cosmopolites sordidus* and *Metamasius hemipterus* in banana by pheromone based mass trapping. J. Chem. Ecol. 38, 245-252.
- Bakry, F., Carreel, F., Caruana, M.L., Côte FX, Jenny C., Tézenas du Montcel H. (1997). Les bananiers. In Charrier A, Hamon S, Jacquot M. & Nicolas D., eds. L'amélioration des plantes tropicales. Montpellier, France :CIRAD/ORSTOM pp 109-139.
- Bizimana, S. N. P. 2012, Conduite culturale et Protection du bananier au Burundi. Bujumbura: Institut des Sciences Agronomiques du Burundi.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., et al. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486, 59-67.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., et al. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486, 59-67.
- Chabrier, C., Mauléon, H., Bertrand, P., Lassoudière, A., et Quénéhervé, P. (2005). En Martinique, méthodes alternatives pour réduire l'utilisation des nématicides et insecticides en bananeraies, PHYTOMA • La Défense des Végétaux N°584.
- Champion, J. (1963). Le bananier. Paris : Maisonneuve et Larose.
- Champion, J. 1967. Les bananiers et leur culture, Tome 1 : Botanique et génétique des bananiers, IFAC, Paris.
- Chaplin-Kramer, R., Megan, E. O'Rourke, Eleanor, J., Blitzer, Claire Kremen. (2011). A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology letters*, 14: 922-932.

- Dassou, A.G., Dépigny, S., Canard, E., Vinatier, F., Carval, D., Tixier, P. (2016). Contrasting effects of plant diversity across arthropod trophic groups in plantain-based agroecosystems, *Basic Applied Ecology*.
- Dassou, A.G., Tixier, P. (2015) Response of pest control by generalist predators to local-scale plant diversity: a meta-analysis, *Ecology and evolution*.
- De Langhe, E. (1961). La taxonomie du bananier plantain en Afrique Equatoriale. *Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée*. No 1-11 :pp. 417-449.
- Delattre, P. (1980) Recherche d'une méthode d'estimation des populations du charançon du bananier, *Cosmopolites sordidus* Germar (Col., Curculionidae). *Acta Oecologica : Oecologica Applicata*, 1, pp.83-92.
- Delattre, P. et Jean-bart, A. (1978) : Activités des champignons entomopathogènes sur les adultes de *Cosmopolites sordidus* Germ. (Coleoptera, Curculionidae). *Turrialba* 28, 287–93. Doctor in Sciences thesis. U. do Sao Paulo, Brazil. *Ent.*102,213-215, 1986). *IOBC/WPRS Bulletin, Insect pathogens and insect parasitic*.
- Doré, C. et Varoquaux F. (2006). Histoire et Amélioration de cinquante plantes cultivées, INRA, édition Savoir-faire, Paris, France, 812 pages.
- Duyck, P., Lavigne, A., Achard, R., Okolle, J., Tixier, P. (2011). Addition of a new resource in agroecosystems: do cover crops alter the trophic positions of generalist predators? *Basic Appl. Ecol.* 12, 47–55.
- Duyck, P.-F., Dortel, E., Vinatier, F., Gaujoux, E., Carval, D., Tixier, P. (2012). Effect of environment and fallow period on *Cosmopolites sordidus* population dynamics at the landscape scale. *Bull. Entomol. Res.* 102, 583–588.
- Eisenhauer, N., Dobies, T., Cesarz, S., Hobbie, S. E., Meyer, R.J., Worm, K., et al. (2013). Plant diversity effects on soil food webs are stronger than those of elevated CO₂ and N deposition in a long-term grassland experiment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 6889–6894.
- Ganry, J. (2004). Diversité spécifique des peuplements végétaux à l'échelle du bassin versant et contrôle des parasites des cultures : l'exemple de la culture bananière aux Antilles françaises. *Comptes Rendus Biologies* 327 (7) : 621-627.
- Ganry, J., Fouré, E., De lapeyre de Bellaire, L., Lescot T. (2012). An integrated approach to control the Black leaf streak disease (BLS) of bananas, while reducing fungicide use and environmental impact. In D Dhanasekaran, N Thajuddin, A Panneerselvam *Fungicides for Plant and Animal Diseases*, pp.193-226.
- Gold, C.S., et Messiaen S. (2000). Charançon du bananier *cosmopolites sordidus*: Parasites et ravageurs de Musa. Fiche technique N°4.
- Gold, C.S., et Tushemereuwe, W. (2002). Aperçu de la recherche sur le charançon du bananier en Ouganda. *Promusa* n°9, 10 p.
- Gold, C.S., Pena, J.E., & Karamura, E.B. (2001) Biology and integrated pest management for the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). *Integrated Pest Management Reviews*, 6, 79-155.
- Gold, I., McIntyre, B.C., Kashaija, H., Ssali, N.E., and Bwamiki, D. (2001), Effects of legume intercrops on soil born pests, biomass, nutrients and soil water in banana. *Bio Fertile. Soils*, 34(5), 342-348.

- Haddad, N. M., Crutsinger, G. M., Gross, K., Haarstad, J., & Tilman, D. (2011). Plant diversity and the stability of foodwebs. *Ecology Letters*, *14*, 42–46.
- HOARAU, O., (2003). Lutte contre le charançon noir du bananier (*Cosmopolites sordidus*). CIRAD-FLHOR: Rapport annuel du CTEA.
- INSAE. Résultats Provisoires Du RGPH4.
- Jones, D.R. (2000). Introduction to banana, Abaca and Ensete. CABI, London, Kaaya G. P., Seshu Reddy, K. V., Kokwaro, E.D. et Munyinyi, D.M. (1993): Pathogenicity of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisoplae* to the banana weevil *Cosmopolites sordidus*. *Biocontrol Sci. Technol.* *3*, 177–87.
- Kanyaruguru, J.P. (1999). Contribution à l'étude de l'influence de certains acteurs climatiques sur quelques caractéristiques des jus, vin de Banane des variétés Igitsiri (AAA-EA) et Kiyija (AAA). Mémoire, inédit, ISA, Burundi, Gitega, 67pages.
- Katungu, M.G. (2011). Enquête sur l'utilisation des organes (parties) du bananier à part le régime (fruit) en territoire de Beni et de Lubero. Mémoire inédit. U.CG/ Butembo, 59 pages.
- Landis, D. A., Menalled, F. D., Costamagna, A. C., & Wilkinson, T. K. (2005). Manipulating plant resources to enhance beneficial arthropods in agricultural landscapes. *Weed Science*, *53*, 902–908.
- Lassois, L., Busogoro, J.P., Jijakli, H. (2009). La banane : de son origine à sa commercialisation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, pp. 575-586.
- Lassoudiere, A. (2010). L'histoire du bananier, Editions Quae, France, 351.
- Lassoudière, A. (2007). Le bananier et sa culture. Versailles, France : Éditions Quæ.
- Letourneau, D. K., Armbricht, I., Rivera, B. S., Lerma, J., Carmona, E. J., Daza, M. C., et al. (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications*, *21*, 9–21.
- Lokossou, B., & Achigan, E. (2000). Notes, documents et travaux réalisés sur les bananiers et plantains au Bénin : besoins de recherches et options pour un développement de la production bananière. Niaouli Bénin, 23p.
- Loranger, H., Weisser, W. W., Ebeling, A., Eggers, T., De Luca, E., Loranger, J., et al. (2014). Invertebrate herbivory increases along an experimental gradient of grassland plant diversity. *Oecologia*, *174*, 183–193.
- Lwanga, M. T. (2013). Caractérisation morphologique et diversité variétale des bananiers et bananiers plantains dans la Province du Nord Kivu et le District de l'Ituri, Province Orientale, en RDC. Université Catholique du Graben ; Faculté des Sciences Agronomiques p. 115.
- Marshall, E. J. P., and A. C. Moonen. (2002). Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ.* *89*:5–21.
- Mbida Mindzie, C., et al. (2001). First archaeological evidence of banana cultivation in central Africa during the third millenium before present. *Veg. Hist. Archaeobotany*, *10*, 1-6.
- Mille, C., et Cazères, S. 2006. La lutte contre le Charançon du Bananier, *Cosmopolites sordidus* (Germar). Protection phytosanitaire des cultures fruitières en Nouvelle-Calédonie. Fiche 3.7

- Mollot, G., Tixier, P., Lescourret, F., Quilici, S., Duyck, P.-F. (2012). New primary resource increases predation on a pest in a banana agroecosystem. *Agric. For. Entomol.* <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-9563.2012.00571.x>. O'Hara, R.B., Kotze, D.J., (2010). Do not log-transform count data. *Methods Ecol. Evol.* 1, 118–122.
- Pedro, J. (1999). La production bananière au Bénin. Rapport multigraphié INRAB, 32 p.
- Perovic, D. J., Gurr, G. M., Raman, A., and Nicol, H. I. (2010). Effect of landscape composition and arrangement on biological control agents in a simplified agricultural system: a cost-distance approach. *Biol. Control* 52:263–270.
- Quénéhervé, P., Chabrier, C., Auwerkerken, A., Topart, P., Martiny, B., Marie-Luce, S. (2005) Status of weeds as reservoirs of plant parasitic nematodes in banana fields in Martinique, *Crop Protection*, 25 (8), 860-867.
- Rhino, B., Dorel, M., Tixier, P., Risede, J.M. (2010). Effect of fallows on population dynamics of *Cosmopolites sordidus*: toward integrated management of banana fields with pheromone masstrapping. *Agricultural and Forest Entomology* 12, 195-202.
- Sarthou, J.P., Badoz, A., Vaissi, B., Chevallier, A., and Rusch, A. 2014. Local more than landscape parameters structure natural enemy communities during their overwintering in semi-natural habitats. *Agric. Ecosyst. Environ.* 194:17–28.
- Simmonds, N.W. (1956). Botanical results of the banana collecting expedition, 1954-1955. *Kew Bull*, 11(3), pp.463-489.
- Simmonds, N.W. (1966). Bananas. 2nd edition. Longman, London and New-York. Pp. 139-152.
- Simmonds, N.W., and Shepherd, K. (1955). Taxonomy and origins of cultivated bananas. *J. Linn. Soc. Bot.* 55: pp.302-312.
- Sivirihauma, V. (2010). Phytotechnie spéciale: les plantes comestibles et industrielles, Tome II, cours inédit, UCG, Butembo, 403 pages.
- Swennen, R. (1990). Limits of morphotaxonomy. Names and Synonyms of plantains in Africa and elsewhere. JARRET R.L (eds): The identification of genetic diversity in the genus *Musa*. Proceeding of an International Workshop. Los Banos. Philippines, pp.5-10
- Swennen, R., et Vuylsteke, D. (2001). Bananier. In : RAEMARKERS, H.R (éd.) *Agriculture en Afrique Tropicale*. DGCI, Bruxelles, 611-636.
- Thies, C., Roschewitz, I. and Tschardtke, T. (2005). The landscape context of cereal aphid-parasitoid interactions. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 272:203–210.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R. & Polasky, S. (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671-677.
- Tixier, P., Fabrice, V., Cabrera, J., Padilla, Á., Okolle, J., Chabrier, C., Guillon, M. (2010). ENDURE Étude de Cas sur la Banana – Guide Numéro 3 (French).
- Treverrow, N. (1993) An Integrated Management Program for Banana Weevil Borer, rep. no.Fr/0012/RO, Wollongbar Agric. Institute, Wollongbar New South Wales, Australia.
- Tschardtke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A., Tylianakis, J.M., Nouhuys, S.v. and Vidal, S. (2007) Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control*, 43, 294-309.
- Tylianakis, J. M., & Romo, C. M. (2010). Natural enemy diversity and biological control: Making sense of the context-dependency. *Basic and Applied Ecology*, 11, 657–668.

- Tylianakis, J. M., Tscharntke, T., & Lewis, O. T. (2007). Habitat modification alters the structure of tropical host-parasitoid foodwebs. *Nature*, 445, 202–205.
- Vilardebo, A. 1950. Conditions d'un bon rendement du piégeage de *Cosmopolites sordidus*. *Fruits* 5, 399-404.
- Vinatier, F., Chailleux, A., Duyck, P. F., Salmon, F., Lescourret, F., & Tixier, P. (2010). Radiotelemetry unravels movements of a walking insect species in heterogeneous environments. *Animal Behaviour*, 80, 221–229.
- Vinatier, F., Lescourret, F., Duyck, P. F., & Tixier, P. (2012). From IBM to IPM: Using individual-based models to design the spatial arrangement of traps and crops in integrated pest management strategies. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 146, 52–59.
- Vinatier, F., Lescourret, F., Duyck, P. F., Martin, O., Senoussi, R., & Tixier, P. (2011). Should I stay or should I go? A habitat-dependent dispersal kernel improves prediction of movement. *PLoS ONE*, 6. Wallingford, UK: CAB International, Wallingford, UK, PP1-31.