

## Prix de mémoire de fin d'étude de la Fondation Xavier Bernard

**Année :** 2023

**Titre :** Effets des traitements de fertilisation sur la diversité et l'abondance des macro-invertébrés du sol et du paillis de canne à sucre

**Autrice :** Estelle JACQUIN

**Relecteurs :** Marie-Liesse VERMEIRE, Charles DETAILLE et Matthieu BRAVIN

**Ecole :** Institut Polytechnique UniLaSalle

**Laboratoire d'accueil :** CIRAD, unité Recyclage et risque

**Rapporteurs :** Harry OZIER-LAFONTAINE, Hubert BOIZARD

**Résumé :** Les macro-invertébrés jouent un rôle clé dans les processus soutenant la fertilité des sols. Le choix de pratiques agricoles devrait, en partie, être guidé par leur capacité à soutenir ces organismes. La présente étude vise à étudier l'effet de la substitution partielle d'engrais de synthèse importés par des produits résiduaux organiques produits localement, à même niveau d'apport de nutriments, sur les macro-invertébrés dans un système canne à sucre à la Réunion. Les invertébrés visibles à l'œil nu ont été échantillonnés sur une décennie en utilisant la méthode *TSBF* et leur présence a été analysée au regard des propriétés du sol. Malgré le peu d'effets du type de fertilisants, l'abondance totale des organismes a augmenté avec le temps, notamment celle des isopodes et des vers de terre. L'apport annuel de carbone organique par le retour du paillis à la surface du sol et le renouvellement racinaire, semble expliquer ces résultats. Ces processus seraient donc des leviers à considérer pour favoriser les macro-invertébrés dans les agroécosystèmes canniers.

**Abstract:** Macroinvertebrates play a key role in processes supporting soil fertility. The choice of agricultural management practices should be led by their ability to support this fauna supplying ecosystem services. This study aims at investigating the effect of partial substitution of imported synthetic fertilizers by locally produced organic residues, at a similar level of major nutrient inputs, on macroinvertebrates in sugarcane in Réunion island. Naked-eye visible invertebrates were sampled over 10 years using the *TSBF* method. The fauna was analyzed regarding soil properties. Despite the low response of macroinvertebrates to the fertilizer type, total abundance increased over time, notably isopods and earthworms. The annual inputs of organic carbon from mulching at the soil surface and the root turnover enabled macroinvertebrates to be more abundant even after the replanting tillage. These processes are thus levers to be considered for promoting macroinvertebrates in sugarcane agroecosystems.

### Contexte et enjeux

La canne à sucre (*Saccharum officinarum*) est la première culture de l'île de la Réunion avec une occupation de plus de 23 000 ha. La filière canne à sucre assure un rôle majeur dans l'activité économique réunionnaise au même titre que le secteur du tourisme [1].

En raison d'un potentiel de rendement élevé, la canne à sucre est très exigeante en nutriments [2]. L'optimisation de sa fertilisation est un défi majeur ; d'autant plus que les engrais de synthèse sont principalement utilisés. En effet, l'utilisation de fertilisants industriels, la plupart du temps importés, a un impact environnemental vis-à-vis de la fabrication et du transport associés ainsi qu'un impact économique, notamment dans un contexte de raréfaction des matières premières et de tensions géopolitiques internationales [3 ; 4]. En parallèle, la valorisation au champ des produits résiduaux organiques (PRO) produits à la Réunion tels que les effluents d'élevage et les boues de station d'épuration, offrent une voie intéressante pour s'affranchir des engrais de synthèse, fournir des éléments nutritifs à la plante et améliorer la fertilité du sol en maintenant voire en augmentant le stock de matière organique du sol [5]. Cependant, le pilotage de la fertilisation basée uniquement sur des PRO est difficilement maîtrisable [6]. Une des solutions pour optimiser la fertilisation, serait de substituer partiellement les engrais de synthèse par des PRO [7].

Les macro-invertébrés jouent un rôle central dans les processus qui soutiennent la fertilité des sols [8]. Le choix des pratiques agricoles de gestion devrait, au moins en partie, être guidé par leur capacité à favoriser la présence et l'activité de ces organismes. Concernant la fertilisation, la plupart des études ont examiné l'effet du type de fertilisation sur les macro-invertébrés sans équilibrer l'apport de chaque élément nutritif majeur (notamment N, P et K), ce qui pose question pour l'interprétation des résultats – à savoir si les effets observés sont dus au type de fertilisation ou au déséquilibre entre les éléments nutritifs ajoutés [9].

En outre, de nombreuses études s'attachent à comparer l'effet d'un ensemble de pratiques sur les macro-invertébrés – différents types de fertilisation, de travail du sol et d'application de pesticides [10]. L'effet spécifique d'une substitution partielle d'engrais de synthèse par des PRO dans un agroécosystème donné a été peu étudié, en particulier dans le contexte cannier.

### Objectifs et méthodes

L'objectif de l'étude est de comprendre l'effet de la substitution partielle d'engrais de synthèse par divers PRO sur l'abondance et la diversité des macro-invertébrés en système cannier, et ainsi de mieux caractériser les leviers agroécologiques efficaces pour soutenir une production agricole sucrière durable. Cet objectif s'inscrit dans le programme de recherche SOERE PRO Réunion qui suit, depuis une quinzaine d'années, les évolutions de l'agroécosystème cannier soumis à l'application de PRO issus d'activités urbaines et agricoles de l'île.

La macrofaune du sol et du paillis de canne à sucre a été collectée sur les parcelles expérimentales en 2013, 2016, 2019 et 2023 selon la méthode normalisée TSBF [11]. Les propriétés physico-chimiques du sol ont été déterminées sur des échantillons prélevés sur la même période.

### Points forts

Malgré la faible réponse des macro-invertébrés au type de fertilisants, leur abondance totale a augmenté au cours du temps, en particulier celle des isopodes et des vers de terre. L'apport annuel de carbone organique par le retour du paillis de canne à la surface du sol et le renouvellement des racines permettrait à ces organismes d'être plus abondants, même après le labour effectué à la replantation en 2021. Ainsi, le paillage et le renouvellement racinaire seraient des leviers importants à considérer pour favoriser les macro-invertébrés dans les agroécosystèmes de canne à sucre.

### Productions scientifiques

Une procédure opérationnelle a été mise à jour afin de décrire les opérations à mener au cours des chantiers trisannuels de récolte des macro-invertébrés, ainsi que les besoins humains et matériels nécessaires à leur réalisation. À la suite de la rédaction en anglais d'un mémoire de fin d'études, les résultats sont en cours de valorisation sous la forme d'une publication scientifique, qui a été soumise début juillet 2024 à la revue *Agriculture, Ecosystems & Environment*.

### Perspectives envisagées

Dans une perspective d'approfondissement, un doctorat sur contrat Cifre a récemment démarré pour préciser l'éco-dynamique des contaminants apportés par les PRO et ses conséquences en matière d'impacts écotoxicologiques (notamment sur les macro-invertébrés). Dans une perspective plus systémique, les résultats de ce travail ont également été récemment pris en compte dans une évaluation multicritères des pratiques agricoles mises en œuvre sur l'essai SOERE PRO Réunion sur la dernière décennie.

### Votre appréciation personnelle

Ce stage de fin d'études a permis de faire un état des lieux de l'évolution de la biodiversité du sol en système cannier. Les résultats obtenus ont également permis de montrer que, à niveau équivalent d'apport de nutriments et donc de rendement, l'abondance et la diversité des macro-invertébrés étaient équivalentes et en progression quelle que soit la modalité de fertilisation.

[1] Dumont, T., Barau, L., Thong-Chane, A., Dijoux, J., Mellin, M., Daugrois, J., Hoarau, J.-Y., 2022. Sugarcane Breeding in Reunion: Challenges, Achievements and Future Prospects. *Sugar Tech*, volume 24, n° 1. p. 181-192. DOI : [10.1007/s12355-021-00998-0](https://doi.org/10.1007/s12355-021-00998-0)

[2] Moore, P.H., Botha, F.C., 2013. *Sugarcane: Physiology, Biochemistry and Functional Biology* [En ligne]. John Wiley & Sons. 1010 p. ISBN 978-1-118-77138-9. Disponible sur : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118771280>.

[3] Chandini, Kumar, R., Kumar, R., Prakash, O., 2019. The Impact of Chemical Fertilizers on our Environment and Ecosystem. p. 69-86.

[4] FAO, 2020. *Marché mondial des engrais: bilan du resserrement actuel du marché*.

[5] Wassenaar, T., Doelsch, E., Feder, F., Guerrin, F., Paillat, J.-M., Thuriès, L., Saint Macary, H., 2014. Returning Organic Residues to Agricultural Land (RORAL) – Fuelling the Follow-the-Technology approach. *Agricultural Systems*, volume 124, p. 60-69. DOI : [10.1016/j.agsv.2013.10.007](https://doi.org/10.1016/j.agsv.2013.10.007)

[6] Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J.A., 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, volume 485, n° 7397. p. 229-232. DOI : [10.1038/nature11069](https://doi.org/10.1038/nature11069)

[7] Tang, Q., Cotton, A., Wei, Z., Xia, Y., Daniell, T., Yan, X., 2022. How does partial substitution of chemical fertiliser with organic forms increase sustainability of agricultural production? *Science of The Total Environment*, volume 803, p. 149933. DOI : [10.1016/j.scitotenv.2021.149933](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149933)

[8] Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., Rossi, J.-P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, volume 42, p. S3-S15. DOI : [10.1016/j.eisobi.2006.10.002](https://doi.org/10.1016/j.eisobi.2006.10.002)

[9] Betancur-Corredor, B., Lang, B., Russell, D.J., 2023. Organic nitrogen fertilization benefits selected soil fauna in global agroecosystems. *Biology and Fertility of Soils*, volume 59, n° 1. p. 1-16. DOI : [10.1007/s00374-022-01677-2](https://doi.org/10.1007/s00374-022-01677-2)

[10] Coulis, M., 2021. Abundance, biomass and community composition of soil saprophagous macrofauna in conventional and organic sugarcane fields. *Applied Soil Ecology*, [En ligne] volume 164, Disponible sur : <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85100911622&doi=10.1016%2fj.apsoil.2021.103923&partnerID=40&md5=78ef731631d498417c3dcb6a250a65c0>. DOI : [10.1016/j.apsoil.2021.103923](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103923)

[11] ISO, 2011. ISO 23611-5:2011(en), Soil quality — Sampling of soil invertebrates — Part 5: Sampling and extraction of soil macro-invertebrates. Date de consultation : 09/03/2023. Disponible sur : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:23611:-5:ed-1:1:en>.