

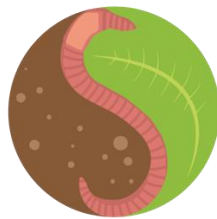


Open Call for Research Project 2021

## FINAL SCIENTIFIC REPORT

“INNOV’EARTH”

*Innovative agricultural nature-based solutions to reduce climate change, land degradation and food insecurity: the potential of **earth**worms and vermicompost in small tropical farms*



**INNOV’EARTH**

# SYNTHESIS

## - Abstract

Agriculture in the Highlands of Madagascar is constrained by many social, economic and environmental factors that hinder food and nutritional security: farm poverty, very low soil fertility, high pressure from pests, limited production factors, and climate change. Nature-based innovations, through agroecological approaches, could increase the productivity, resilience and sustainability of small farms. The Innov'Earth project, through the establishment of an innovation platform and the conduct of scientific and participatory experiments, has shown that the use of vermicompost and earthworms in agriculture can provide answers to these questions. The results shared with stakeholders will enable them to support ways of ecological intensification of agriculture.

## - Objectives

Food and agriculture are at the crossroad of multiple issues impacting the sustainable development: food and nutritional security, climate change mitigation and adaptation, biodiversity loss, land degradation, human health and well-being. The agroecological transition is a way to propose nature-based solutions leading to more desirable socio-systems. Ecological intensification can transform agricultural production systems by improving resource-use efficiency and minimizing impacts on the environment. It is likely that agroecology can increase ecosystem resilience against climate change, food production and nutritional quality of grains by strengthening biodiversity, soil health, and building on traditions and sharing knowledge. These claims need scientific evidence. Small family farms in the Highlands of Madagascar are characterized by great poverty, making them very dependent on natural resources. Correcting the fertility of multi-deficient Ferralsols requires the use of organic and biological resources. Recent studies demonstrated the importance of earthworms in improving the nutrition, growth and resistance to diseases of cultivated plants. In addition, farmers have a very high perception of organic fertilizers such as vermicompost but do not know how to obtain them or how to prepare them themselves. Based on scientific and traditional knowledge and objectives, it seems very urgent that such knowledge be shared to improve agricultural practices in the Highlands of Madagascar, so that farmers efficiently use natural (organic and biological) resources in a sustainable way, and improve food production, climate resilience, food and nutrition security, and farmers' wellbeing. Based on a multi-disciplinary and multi-actor approach, the Innov'Earth project aims to develop innovative agricultural practices considering the beneficial role of earthworms and vermicomposts.

## - Actions

The Innov'Earth project took place over 30 months between January 1, 2022 and September 30, 2024. It is a research-action project carried out by different French and Malagasy institutions, with the aim of promoting more sustainable and resilient agriculture and improving the livelihood of small farmers in the Highlands of Madagascar. This partnership research project worked thanks to the establishment of an innovation platform bringing together scientists, farmers (around 40 farms in the Imerintsiatosika region) and NGOs. This platform worked particularly well and allowed the sharing of a lot of knowledge acquired by scientists via experimental approaches or by all stakeholders via participatory approaches. The innovations, based on Nature, focused on the use of earthworms and vermicompost as a means of improving not only plant production (rainfed rice used as a model plant) but also the nutritional quality of grains and the resilience of agrosystems in the face of climatic stresses. Different actions were carried out to meet these objectives: social surveys, participatory workshops, co-construction and co-evaluation of innovative practices, setting up scientific experiments in the field or in the laboratory, evaluation of innovative practices. The results were regularly communicated to decision-makers, users and scientists.

## - Results

The main results obtained during the project are of various types: (i) Highlighting farmers' perceptions of fertilization, climate change, soil health, (ii) Training farmers in the production and use of vermicomposts, and in the identification of useful earthworms; all partner farmers have started making vermicomposts, (iii) A herbarium and knowledge of plants that can be used by farmers to make vermicomposts, (iv) Co-design of fertilizing practices based on vermicompost and/or earthworms, and the establishment of farmer plots to test these co-constructed innovations (two successive years); then, the co-evaluation (by scientists and farmers) of these innovations on crops. Farmer's evaluations have shown the benefits of vermicompost and/or earthworms for plant growth: greener plants with more tillers, earlier flowering, better yields, better plant resistance in periods of drought, (v) A participatory workshop with the project farmers presented the new version of the Cammisol decision-making tool designed to help farmers make the best fertilization choices based on soil type, topography, and the plant grown, (vi) Preliminary studies on food and nutrition based on rainfed rice showed that rice grown for 7 years with vermicompost provided the highest levels of zinc, iron, and phosphorus. The results also confirmed that rice polishing resulted in significant nutrient losses (10-45% depending on the elements, almost

all vitamin B1) and that the degree of polishing should be higher for rice grains grown on vermicompost for 7 years, unlike rice grown after earthworm inoculation, (vii) Laboratory experiments showed that upland rice was more resistant to heat or water stress when fertilized with vermicompost than with manure. On the other hand, the presence of earthworms (at an average density) improves the resistance of rice to heat stress, (viii) Laboratory tests have shown that earthworms allow rice to better exploit organic matter provided as fertilizers, but this effect depends on the initial quality of the organic matter, (ix) A field trial confirmed the agronomic interest of vermicompost not only on rice production and yield, but also on its ability to resist attacks by bioaggressors. During the 2022-2023 season, most of the field trial was attacked by Scarabaeidae Coleoptera (larvae and adults); only vermicompost-based treatments resisted these attacks. One of the explanations (to be confirmed) would be linked to the composition of the vermicompost in which insecticidal or insect repellent plants may have been integrated during the production of the vermicompost, (x) Various documents (summary notes, booklets and booklets in French and/or Malagasy, scientific articles in French or English, films) have been produced to reach different targets (farmers, NGOs, decision-makers, scientists). These documents are all available on the website [www.secure.mg](http://www.secure.mg), (xi) The Innov'Earth project has enabled capacity building through the training of five Master 2 students (Agronomy School and Faculty of Sciences) and the support of five young post-doctoral researchers (Radiolotopes Laboratory). The students' dissertations are also available on the website [www.secure.mg](http://www.secure.mg), finally (xii) many of these results have been published and made available to different targets: scientists, NGOs, farmers, decision-makers, donors.

#### - Prospects

As described above, the work carried out within the framework of the Innov'Earth project has enabled the acquisition of numerous results that are particularly important for the agricultural development of the Highlands of Madagascar. These results shared via different means (articles, booklets, summary documents, workshops, round tables, videos), all available on the project website, can be used by all stakeholders to promote the sustainability of agriculture in the Highlands of Madagascar. Farmers and NGOs have shown great interest in the practice of vermicomposting, which is developing in many regions of Madagascar, driven by NGOs and farmers' organizations. Our work contributes to this dynamic, showing that this practice has numerous advantages in terms of fertility, the fight against pests, the nutritional quality of food and resistance to climatic stresses. It can represent a way forward in the face of an uncertain future (population growth, climate change, reduction in fertilizers, particularly phosphate fertilizers, etc.). However, the project does not resolve all the issues and many questions remain regarding the development of this practice. The main limitation concerns the lack of plant biomass needed to produce vermicompost. In the highlands, these plant biomasses are indeed lacking, particularly in the dry season. Some farmers have proposed growing food plants to address this shortage: bananas, zucchini, which can provide large quantities of biomass. The quality of vermicompost also depends on the materials that go into its composition. We have seen that vermicomposts can have a particularly beneficial effect in the fight against certain pests (white grubs in particular) but this can probably depend on the plant materials used. This represents future research to be supported, this fight against pests being one of the main limitations of agriculture in this area. An ecological approach to this fight, via vermicomposts, would be welcome. Finally, the results acquired over the past 8 years on the experimental field trial (Imerintsiatosika) must still be analyzed and synthesized to arrive at more precise recommendations for fertilizing these soils. The results already confirm the absolute necessity of providing organic matter to fertilize these soils in a sustainable manner.

# RAPPORT SCIENTIFIQUE

## I. Principaux résultats obtenus

Le projet Innov'Earth s'est déroulé sur un peu plus de 30 mois entre le 1<sup>er</sup> janvier 2022 et le 30 septembre 2024. Il s'inscrit dans une dynamique de recherche-action menée par différentes institutions, françaises et malgaches, dans le but de promouvoir une agriculture plus durable et résiliente et d'améliorer le niveau de vie des petits exploitants des Hautes Terres de Madagascar. Ce projet de recherche en partenariat a fonctionné grâce à l'instauration d'une plateforme d'innovation associant des scientifiques, des agriculteurs (une 40aine d'exploitations de la région d'Imerintsiasosika) et des ONG. Cette plateforme a particulièrement bien fonctionné et a permis le partage de nombreuses connaissances acquises par les scientifiques via des approches expérimentales ou par tous les acteurs via des approches participatives. L'innovation, basée sur la Nature, portait sur l'utilisation de vers de terre et de lombricompost comme moyen d'améliorer non seulement la production végétale (riz pluvial utilisé comme plante modèle) mais aussi la qualité nutritionnelle des grains et la résilience des agrosystèmes face à des stress climatiques.

Les principaux résultats acquis lors de ce projet sont :

- La compréhension nécessaire, par les scientifiques, des perceptions paysannes sur la fertilisation, le changement climatique, la santé du sol, à travers des enquêtes ;
- La formation des agriculteurs à la fabrication et à l'utilisation des lombricomposts, et à la reconnaissance des vers de terre utiles, à travers différents ateliers et échanges dans les exploitations, et via le partage de livrets en malgache ; tous les agriculteurs partenaires se sont lancés dans la fabrication de lombricompost ;
- Un herbier et une connaissance des plantes mobilisables par les agriculteurs pour fabriquer des lombricomposts (une publication internationale) ;
- La co-conception de pratiques fertilisantes à base de lombricompost et/ou de vers de terre, et la mise en place de parcelles paysannes pour tester ces innovations co-construites (deux années successives). Puis la co-évaluation (par les scientifiques et les agriculteurs) de ces innovations sur les cultures. Les évaluations paysannes ont montré l'intérêt du lombricompost et/ou des vers de terre vis-à-vis de la croissance de la plante : plantes plus vertes avec plus de tiges, floraison plus précoce, meilleurs rendements, meilleure résistance de la plante en période de sécheresse. Ces travaux ont fait l'objet de deux articles dans la revue malgache Journal de l'Agroécologie ;
- Un atelier participatif avec les agriculteurs du projet a permis de présenter la nouvelle version de l'outil d'aide à la décision Cammisol destiné à aider les agriculteurs à faire les meilleurs choix de fertilisation en fonction du type de sol, de la topographie, de la plante cultivée (un article international en cours de rédaction) ;
- Des études préliminaires sur l'alimentation et la nutrition à base de riz pluvial ont montré que le riz cultivé pendant 7 ans par du fumier ou du lombricompost permettait les apports les plus importants en zinc, fer et phosphore. Les résultats ont également confirmé que le polissage du riz entraînait des pertes en nutriments importantes (de 10 à 45% selon les éléments, presque la totalité de la vitamine B1) et que le degré de polissage était plus élevé pour les grains de riz ayant poussé sur du lombricompost pendant 7 ans, à la différence du riz ayant poussé après inoculation de vers de terre ;
- Des expériences en laboratoire ont montré que le riz pluvial était plus résistant à des stress thermiques ou hydriques lorsqu'il est fertilisé avec du lombricompost qu'avec du fumier. D'autre part, la présence de vers de terre (à une densité intermédiaire) améliore la résistance du riz à un stress thermique ;
- Des essais au laboratoire ont montré que les vers de terre permettaient une meilleure valorisation par le riz des matières organiques apportées comme fertilisants, mais cet effet dépend de la qualité initiale des matières organiques (une publication internationale) ;
- Un essai au champ a permis de confirmer l'intérêt agronomique du lombricompost non seulement sur la production et le rendement du riz, mais aussi sur sa capacité à résister à des attaques de bioagresseurs. Lors de la saison 2022-2023, la plupart de l'essai au champ a été attaqué par des Coléoptères Scarabéidés (larves et adultes) ; seuls les traitements à base de lombricompost ont résisté à ces attaques. L'une des explications (à confirmer) serait liée à la composition du lombricompost dans lequel des plantes insecticides ou insectifuges ont pu être intégrées lors de la fabrication du lombricompost ;
- Différents documents (notes de synthèse, livrets et fascicules en français et/ou malgache, articles scientifiques en français ou anglais, films) ont été produits pour toucher différentes cibles (agriculteurs, ONG, décideurs, scientifiques). Ces documents sont tous disponibles sur le site [www.secure.mg](http://www.secure.mg) ;

- Le projet Innov'Earth a permis le renforcement de capacité à travers la formation de cinq étudiants en Master 2 (École d'Agronomie et Faculté des Sciences) et le soutien de cinq jeunes chercheurs en post-doctorat (Laboratoire des Radiosotopes). Les mémoires d'étudiants sont disponibles sur le site [www.secure.mg](http://www.secure.mg).

## II. Principaux faits marquants du projet

Le projets Innov'Earth a été ponctué de nombreux faits marquants qui montrent la richesse de ce projet, en termes de résultats scientifiques mais avant tout en termes d'échanges humains. En effet, les instants les plus mémorables du projet sont ceux réalisés autour des ateliers participatifs dans lesquels tous les acteurs du projet étaient présents : les scientifiques, les agriculteurs, les développeurs (ONG) et les décideurs politiques. Ces évènements participatifs ont eu lieu à de nombreuses occasions :

- La réunion de lancement du projet en janvier 2022 a permis de bien définir les objectifs du projet, de discuter de plan de gestion des données, du plan de communication, du budget, du rôle de chacun (chercheurs, ONG), du calendrier ;
- Les deux ateliers (mai et octobre 2022) de formation des agriculteurs à la connaissance des vers de terre et des lombricomposts et la présentation aux agriculteurs des objectifs du projet, avec la visite de la ferme de l'ONG partenaire Amadese qui produit du lombricompost à grande échelle, et de la visite de fermes d'agriculteurs qui en produisent à plus petite échelle ;
- Un premier atelier d'information, organisé sous le patronage du Ministère malgache de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESupRES), regroupant une soixantaine de participants été organisé à Antananarivo (juin 2022) sur le thème 'Intégration de la biodiversité du sol comme Solution Fondée sur la Nature pour améliorer la filière agricole à Madagascar : Valorisation des vers de terre et du lombricompost'. Cet atelier a été l'occasion de présenter le projet Innov'Earth ainsi qu'un projet voisin intitulé Earth4Fish financé par AFD-GDN sur l'utilisation des vers de terre et des lombricomposts en rizipisciculture. Différents ministères ont pu présenter leur vision des innovations agricoles et des solutions basées sur la Nature.
- La mise en place de la première expérimentation participative, impliquant les agriculteurs dans la formulation de pratiques agroécologiques, innovantes, à base de vers de terre et/ou de lombricomposts (tâche 1.4) (octobre 2022). Les discussions qui ont précédé cette mise en place ont été extrêmement informatives tant pour les agriculteurs que pour les scientifiques et les ONG qui nous accompagnaient (Amadese, Agrisud). Les résultats et l'auto-évaluation qui a été faite par les agriculteurs à l'issue de l'expérimentation ont également été très constructifs, que ce soit en termes de recherche ou de développement (tâche 2.2) (mai 2023). Cette expérimentation participative a été réalisée lors d'une seconde saison culturale (octobre 2023 pour la mise en place des essais et le choix des pratiques, mai 2024 pour l'évaluation des résultats) ;
- La réalisation de l'inventaire des vers de terre et des biomasses végétales, disponibles dans les exploitations pour la fabrication de lombricompost. Cette activité (tâche 2.1) a été réalisée à travers des enquêtes et des inventaires avec une forte implication des agriculteurs ;
- Les échanges qui ont eu lieu lors du comité de pilotage (juin 2023) ont également été très bénéfiques notamment pour conforter l'impact du projet vers les agriculteurs. Ce Comité n'ayant pu se tenir en début de projet pour cause de Covid, nous avons décidé de le déplacer en milieu de projet pour avoir des résultats concrets à présenter au CoPil tout en gardant de la marge pour faire évoluer certaines activités, si nécessaire ;
- Enfin, la réunion de fin de projet organisée à Antananarivo le 23 mai 2024, sous le Haut Patronage du MESupRES et intitulée 'Innovations fondées sur la Nature : Vers de terre et lombricompost pour la durabilité agricole et la sécurité alimentaire'. Cet évènement a rassemblé de nombreux scientifiques, des développeurs (nombreuses ONG représentées), des décideurs politiques et financiers. Près de 80 personnes ont assisté aux présentations orales puis aux tables rondes organisées autour des innovations agricoles et de l'accompagnement des agriculteurs. A cette occasion, les livrets ont été distribués et le film de fin de projet (disponible sur le site [www.secure.mg](http://www.secure.mg)) a été projeté.

Au-delà de ces différents moments d'importance basés sur des échanges entre les différents acteurs du projet et qui ont permis d'obtenir les résultats, d'autres faits marquants sont à noter :

- La publication des articles scientifiques, notamment deux articles dans des revues internationales et deux articles publiés dans la revue malgache Journal de l'Agroécologie en lien avec l'étude de co-construction de pratiques innovantes ;

- La formation de cinq étudiants de Master 2 ;
- La finalisation de trois livrets. Le premier en français et malgache décrit les différentes espèces de vers de terre naturellement présentes dans les exploitations des Hautes Terres et pouvant être utilisées à des fins agronomiques. Les deux autres sont consacrés au lombricompost. Le premier, en français et malgache, est très pratique, à destination des utilisateurs (agriculteurs), le deuxième, en français seulement, plus scientifique, est à destination des ONG ;
- La réalisation du film de fin de projet disponible sur le site [www.secure.mg](http://www.secure.mg).

### III. État d'avancement du projet par WorkPackage

#### • État d'avancement du WP1

##### Déroulement général du WP1

Le WP1 est construit autour de la plateforme multi-acteurs mise en place dès le début du projet après sélection de 40 exploitants ayant eu ou non des contacts avec des ONG (task 1.1 Sélection des fermes de référence). Cette plateforme regroupait des acteurs partenaires du projet : agriculteurs, scientifiques, ONG, décideurs locaux, techniciens agricoles et associations d'agriculteurs. Ces 40 agriculteurs (30 hommes et 10 femmes) sont tous situés sur la commune d'Imerintsiatosika dans 6 fokontany (villages) différents. Parallèlement à cette sélection relativement rapide (moins d'un mois après le démarrage du projet) car basée sur des listes d'agriculteurs déjà utilisées dans d'autres projets, le questionnaire destiné à mieux cerner la perception des agriculteurs été préparé. L'objectif de ce questionnaire (task 1.2 Perception paysanne) était d'améliorer notre connaissance de la perception que les agriculteurs ont de la fertilité des sols, des vers de terre et des lombricomposts, de la qualité nutritionnelle des produits agricoles et du changement climatique. Cette enquête semi-dirigée a été réalisée auprès des 40 exploitants, par un étudiant en Master 2 de l'ESSA (École Supérieure des Sciences Agronomiques) sous la supervision de jeunes chercheurs postdoctoraux et de l'ONG partenaire (Amadese). Ces enquêtes se sont déroulées entre février et mai 2022 et ont ensuite été analysées. Une première formation sur les vers de terre et les lombricomposts (task 1.3) a ensuite été réalisée dans la commune d'Imerintsiatosika devant l'ensemble des agriculteurs, par les scientifiques et les ONG partenaires (Amadese et Agrisud). Ceux-ci ont présenté les dernières connaissances acquises à Madagascar sur les vers de terre (taxonomie, fonctions, rôle dans la croissance des plantes) et les lombricomposts (fabrication, intérêt agronomique). Ces présentations ont été données par des chercheurs postdoctoraux, en malgache et de nombreux échanges ont eu lieu avec les agriculteurs. Le lendemain une visite de terrain a été organisée avec tous les agriculteurs pour étudier différentes techniques de fabrication de lombricompost, depuis les techniques les plus simples (chez des agriculteurs partenaires) jusqu'à des techniques à plus grande échelle comme celle développée par notre partenaire Amadese sur la commune d'Analavory. Ce premier atelier d'échanges entre les agriculteurs, les scientifiques et les ONG a été particulièrement important pour mettre en place l'opération-phare de notre projet : celle de la co-construction de pratiques innovantes utilisant des vers de terre et/ou du lombricompost pour la culture de riz pluvial (task 1.4). Cette co-construction a été lancée lors d'un atelier le 4 octobre 2022, avant la période de culture sur les Hautes Terres. Cet atelier, en salle, avait pour objectifs de faire réfléchir les agriculteurs à mettre en place des pratiques agricoles innovantes si on leur fournissait (en première année) des vers de terre et du lombricompost, et d'identifier des agriculteurs acceptant de 'prêter' l'une de leurs parcelles pour mettre en place une expérimentation-terrain visant à comparer une pratique innovante et la pratique conventionnelle. Les agriculteurs se sont regroupés par village, ont identifié conjointement deux parcelles d'étude (deux par fokontany) et ont réfléchi aux possibles innovations à développer selon ce schéma. Les échanges particulièrement intéressants ont permis de dégager différentes formes d'innovation, chaque groupe d'agriculteurs ayant proposé des innovations spécifiques : les uns cherchant à rajouter des vers de terre dans leurs parcelles, les autres visant à remplacer un fertilisant classique (le fumier par exemple) par le lombricompost, d'autres cherchant à rajouter le lombricompost à la fertilisation traditionnelle. De nombreux schémas ont été proposés, pour lesquels il a aussi fallu discuter des quantités de matières à apporter. Ce point très important a montré que les agriculteurs n'avaient pas de connaissances précises de la quantité de fertilisants qu'ils apportent à la parcelle. C'est pourquoi nous avons proposé de faire des mesures précises de quantités de fertilisant apportées lors de la mise en place des parcelles expérimentales. Suite à cet atelier, les agriculteurs aidés par les chercheurs postdoctoraux ont continué à réfléchir aux pratiques d'innovation à proposer, jusqu'à la mise en place des parcelles expérimentales et le semis du riz en novembre 2022, date à laquelle les chercheurs ont mesuré précisément les quantités de fertilisants apportées. La croissance du riz a été suivie jusqu'à la récolte par les chercheurs, les agriculteurs et l'ONG partenaire. Peu avant la récolte (en février 2023) une co-évaluation des différentes parcelles a été faite par les

acteurs impliqués : avis sur la croissance du riz, sa vigueur, sa résistance aux stress biotiques et abiotiques. Enfin, à la récolte (en avril 2022), les rendements de chacune des parcelles ont été mesurés (ceci correspond à la tâche 2.2, du WP2, car réalisée par les scientifiques). Finalement, un atelier en salle de co-évaluation a eu lieu en mai 2023 où chaque groupe d'agriculteurs présentait les résultats acquis sur son terrain, en évaluant ce qui avait marché, ce qui n'avait pas marché, ce qu'il faudrait modifier pour une prochaine expérimentation. Des discussions très intéressantes ont eu lieu entre agriculteurs, scientifiques et ONG lors de cet atelier. Il a notamment été conjointement accepté de mettre en place sur les mêmes parcelles une deuxième année de culture de riz pluvial, après quelques modifications ou ajustements des pratiques réalisées l'année précédente. Le riz a donc été planté en novembre 2023, récolté en avril 2024 et une évaluation des deux années a été faite lors d'un atelier en salle le 30 avril 2024. La dernière tâche du WP1 concernait la présentation et l'amélioration de l'outil d'aide à la décision Cammisol (task 1.5). L'outil présentait notamment une nouvelle interface 'utilisateurs' qui nécessitaient encore des retours de la part de ces utilisateurs.

## Principaux résultats scientifiques obtenus dans le WP1

- Tâche 1.1 : Sélection des fermes de référence

Pas de résultats liés à cette tâche si ce n'est que les 40 fermes ont été sélectionnées en début de projet et que tous les agriculteurs ont participé toute la durée du projet, de leur sélection (février 2022) jusqu'au séminaire final (mai 2024).

- Tâche 1.2 : perception paysanne

Le questionnaire semi-dirigé avait pour ambition de faire remonter des connaissances que les agriculteurs ont du changement climatique, de la fertilité du sol et plus spécifiquement de l'usage des vers de terre et des lombricomposts, et de la qualité nutritionnelle du riz pluvial. Le questionnaire de 13 pages, en malgache, a été proposé aux 40 exploitants associés au projet. L'enquête durait entre 2h et 2h30 par agriculteurs.

- Description de l'exploitation

Les premières questions concernaient l'exploitation (âge de l'agriculteur, appartenance à une organisation paysanne, éducation, taille du ménage, revenus extra-agricoles, main d'œuvre familiale, nombre d'années d'expérience dans la culture du riz pluvial).

- Évolution du climat

Des questions ont porté sur la perception de changements dans le régime des pluies, dans l'arrivée des pluies. Il est intéressant de noter que les agriculteurs ont tous noté des changements dans le régime des pluies et que ce phénomène remonte environ à 5 ans. Mais tous n'ont pas perçu la même chose : certains un retard dans l'arrivée des pluies, d'octobre à décembre. Les causes avancées sont la déforestation et les feux de brousse et cela occasionne un décalage des semis. D'autres ont noté une diminution des pluies, pour les mêmes raisons, avec des conséquences sur la production. Certains irriguent maintenant les cultures maraîchères. Enfin, certains agriculteurs ont noté une diminution de la durée des pluies, mais plus intenses entraînant des dégâts dans les cultures. Les agriculteurs notent aussi une diminution des inondations, liées à ces diminutions de quantité de pluies. Enfin, les agriculteurs ne voient pas d'évolution liée aux cyclones.

L'évolution de la température a également été le cœur de certaines questions. Les agriculteurs notent une augmentation de la température en été, une diminution de la température en hiver et un rallongement de la durée des mois chauds. La cause évoquée est celle de la pollution et de la dégradation de l'environnement. Les impacts sont un assèchement des cultures, une diminution des productions et une prolifération des ravageurs de culture. Les solutions développées sont l'irrigation (pour les cultures maraîchères), l'utilisation d'engrais chimique pour lutter contre les ravageurs, de fientes de volailles et de lisiers de porcs pendant l'hiver.

- Fertilité du sol

Si on demande aux agriculteurs ce que la fertilité représente pour eux, de nombreux termes (indicateurs) ont été énoncés : couleur (sombre), structure (non massive, présentant des agrégats arrondis, littéralement 'une terre de vers de terre'), texture (sableuse, le sable retient la chaleur), localisation (bas-fonds), temps de travail du sol (plus il est long à travailler, meilleur il est), état des plantes (bonne santé), couleur des feuilles (bleu vert), capacité de rétention en eau (dépend de la saison), présence de certaines espèces végétales, rendement, épaisseur du sol.

La fertilité du sol dépend de nombreux facteurs selon les agriculteurs : l'utilisation de matières fertilisantes (obligatoire), la jachère de 1 à 2 ans (mais rare par manque de terre), les labours profonds (il faut renouveler la terre), rotation de cultures (toujours), agroforesterie (cultiver des arbres fruitiers), terrasses (pour lutter contre l'érosion), associations de culture (seulement maïs et haricot), dispositifs antiérosifs (canaux autour des parcelles), laisser les résidus de culture au champ.

- Fertilisants

Les agriculteurs se sont exprimés sur les différents types de fertilisants habituels. Selon eux, le fumier a de nombreux avantages (structuration du sol, peu périssables, plus disponible) mais aussi des inconvénients, notamment celui d'être moins efficace en termes de production agricole. Les fientes de volailles et lisiers de porcs sont très prisés pour leur performance agricole à court terme mais ils sont coûteux, 'brulent' les cultures quand utilisés seuls et sont périssables. Mais le mélange de fumier avec ces matières est particulièrement performant (équivalent de 3 doses de fumier pour 1 dose de fiente ou lisier). Les balles de riz et leurs cendres sont très prisées, respectivement, pour ameublir le sol et pour lutter contre les ravageurs. Les engrais minéraux sont perçus comme performants à court terme mais dégradent le sol et sont très coûteux.

- Vers de terre

Les agriculteurs reconnaissent trois groupes de vers de terre : (i) les kankan-mena (rouges, courts et lents) ; pour les scientifiques il s'agit de l'espèce *Pontoscolex corethrurus*, espèce endogée très abondante dans les milieux anthropisés des Hautes Terres ; (ii) les kankan-jila (marrons à noirs, longs, rapides) ; pour les scientifiques, ils correspondent aux épigés vivant plutôt dans les dépôts organiques et très agiles lorsqu'on les touche ; plusieurs espèces de différentes tailles correspondent à ce groupe, ce sont elles qui seront valorisées pour faire du lombricompost ; (iii) enfin, les kakan-doroka (marrons, très longs et lents) ; ils correspondent pour les scientifiques aux plus grands vers de terre, endogés de profondeur ou anéciques. Les agriculteurs reconnaissent que les vers de terre augmentent la fertilité du sol et sont tous intéressés par les pratiques qui utilisent des vers de terre. En revanche, certains avancent que les vers de terre sont nuisibles pour les cultures de la tomate et utilisent du sel ou de la dolomie pour les repousser. Pour les scientifiques, une explication plausible à cette observation est que le flétrissement des tomates apparaît en saison des pluies à une période où les vers de terre sont très abondants et visibles, de même que de nombreux ravageurs, non visibles (comme les nématodes phytoparasites, ou des champignons et bactéries).

- Lombricompost

La majorité des agriculteurs connaissent les lombricompost et sont très intéressés, mais deux seulement en fabriquent (sur 40), les autres n'ayant pas de connaissances sur la façon de faire. Les deux agriculteurs qui fabriquent leur propre lombricompost ont reçu une formation (commune ou ONG), ils le trouvent très intéressant d'un point de vue agricole. Leur fumier est fabriqué à partir de fumier de zébu seul ou associé à des résidus et des feuilles vertes.

- Riz pluvial

Les agriculteurs consomment peu le riz pluvial (seulement dans les périodes de soudure) car ils préfèrent le riz de bas-fonds (plus facile à digérer). Le riz pluvial est décortiqué dans les décortiqueries locales à un taux de polissage de 2<sup>e</sup> qualité

- Tâche 1.3 : Formation sur les vers de terre et les lombricomposts

Peu de résultats concrets sur cette opération de transfert et d'échanges entre les scientifiques, les agriculteurs et les ONG. Celle-ci s'est faite à travers des ateliers et des visites de terrain. Tous les agriculteurs se sont montrés très intéressés par ces informations, notamment sur la reconnaissance des différentes espèces de vers de terre et leurs usages, et sur la fabrication des lombricomposts tenant compte de leurs contraintes (temps, argent, soutien...). In fine, tous les agriculteurs du projet s sont lancés dans la fabrication de lombricompost. Différentes vidéos ont été tournées sur ce sujet, disponibles sur le site [www.secure.mg](http://www.secure.mg).

- Tâche 1.4 : Co-construction de pratiques innovantes utilisant des vers de terre et/ou du lombricompost

Cette tâche est au cœur du projet Innov'Earth. Elle était pourtant relativement risquée car basée sur une implication très forte des agriculteurs partenaires du projet. Avec le soutien de chercheurs très investis, elle a été une réussite et de nombreux résultats ont été acquis. On présentera ici la procédure mise en place pour organiser cette activité ainsi que les résultats liés au choix des pratiques. Les résultats de l'évaluation et de l'analyse des résultats sur les rendements seront présentés en tâche 2.2 dans le WP2.

Comme il a été expliqué plus haut, l'idée de cette tâche était de pouvoir mettre en place, chez les agriculteurs, des parcelles d'expérimentation cherchant à comparer une pratique traditionnelle et une pratique, co-construite, innovante, basée sur l'inoculation de vers de terre dans les parcelles et/ou l'utilisation de lombricompost comme élément fertilisant. Le choix a été donné aux agriculteurs de proposer eux-mêmes cette innovation, sous l'œil critique des chercheurs et des ONG pour rendre ces pratiques 'faisables'. L'atelier du 4 octobre 2022, en salle, a permis cela, suivi par des échanges sur le terrain au moment de la mise en place des essais. Au total cette expérimentation a été réalisée dans 11 exploitations (2 par fokontany, sauf 1) avec à chaque fois une pratique traditionnelle (sur 50 m<sup>2</sup>) et une pratique innovante (sur 50 m<sup>2</sup>), chacune discutée par l'ensemble des agriculteurs du fokontany. Tout type de fertilisation était possible (matière seule, mélanges...) selon les possibilités locales. L'expérimentation était prévue pour deux années (deux saisons culturales) avec une fourniture de lombricompost



aux agriculteurs la première année (par l'ONG partenaire) et à la condition qu'en deuxième année ils utilisent le lombricompost fabriqué dans leurs exploitations. Cela a donc permis aux agriculteurs de développer des techniques de lombricompostage, toujours accompagnés par les chercheurs. Les semences de riz pluvial ont également été fournies par le projet. Les objectifs de l'étude sont doubles : tester la faisabilité de l'utilisation de lombricompost et de vers de terre dans les exploitations, comparer l'effet d'une pratique innovante avec une pratique traditionnelle sur le rendement et la qualité du riz pluvial. Les choix des agriculteurs ont dû être argumentés : pourquoi utiliser des vers de terre, pourquoi du lombricompost ? Pourquoi séparément ? Pourquoi en même temps ? Pourquoi combiner vers de terre et/ou lombricompost avec d'autres fertilisants ? Quelle quantité de vers de terre va être introduit dans les parcelles et pourquoi ? Quelle quantité de lombricompost et des autres fertilisants sera utilisée ?

De ces réunions d'échange, il est sorti de nombreux résultats particulièrement intéressants : (i) les agriculteurs ont une très mauvaise connaissance des quantités de fertilisants apportés sur les parcelles. Quand les chercheurs expriment cela en t/ha, l'agriculteur l'exprime en nombre de charrettes ou en nombre de paniers ou de sacs, avec une surface non précisée. Au vu de cela, les chercheurs ont proposé de faire un suivi très précis de ces quantités apportées lors de l'installation des essais pour voir les corrélations avec les quantités proposées en salle. On verra que les différences sont très fortes ; (ii) certains agriculteurs considèrent le lombricompost comme un engrais chimique (peut-être parce que cher dans le commerce) et ne proposent de l'utiliser qu'en quantités réduites. Ceci a conduit à des discussions intéressantes où les chercheurs ont réexpliqué que le lombricompost est un engrais organique et peut être utilisé comme le fumier, le compost, le lisier ; (iii) tous les agriculteurs ou presque utilisent comme fertilisant traditionnel la cendre de balles de riz, facilement disponibles dans la région, qui gardent l'humidité du sol et protègent contre les vers blancs (Coléoptères Scarabéidés ravageurs). Il est intéressant de noter (Tableau) que certains agriculteurs ont choisi comme option l'inoculation de vers de terre qu'ils ont ajouté à leur pratique traditionnelle (PE4, PE7), d'autres ont ajouté à la fois du lombricompost et des vers de terre à leurs fertilisants traditionnels (PE2), ou seulement du lombricompost (PE3, PE11). Beaucoup ont remplacé le fertilisant principal (fumier de bovins, de porcs, ou de volailles) par le lombricompost (PE1, PE5, PE6, PE8). L'un a remplacé la poudre de zébus (peu utilisé généralement) par du lombricompost et des vers de terre (PE9). Enfin, un agriculteur a remplacé totalement sa fertilisation traditionnelle par le lombricompost seul (PE10). Le tableau montre que les quantités sont exprimés en contenants locaux, variables d'un agriculteur à un autre, confirme que le lombricompost est parfois utilisé en petites quantités et que les vers de terre sont inoculés à raison de 2500 vers de terre pour les 50 m<sup>2</sup> de parcelle, équivalent à 50 vers de terre/m<sup>2</sup> (ce qui est prescrit dans la littérature pour avoir un effet sur la plante). De multiples pratiques ont donc été proposées par les agriculteurs. Un article décrivant cette approche autour de co-construction de pratiques innovantes à base de vers de terre et/ou de lombricompost a été publié dans le Journal de l'Agroécologie (Ravonjarison, Raminoarison et al., 2023a).

Tableau de comparaison des pratiques traditionnelles et innovantes co-construites (année 2022-2023).

	<b>Pratiques traditionnelles</b>	<b>Pratiques innovantes</b>
<b>PE1</b>	Fientes de volaille (1 sobika) + Cendres de balle de riz (1/2 sobika)	Lombricompost (1 sobika) + Cendres de balle de riz (1/2 sobika)
<b>PE2</b>	Poudrette de parc (3 sacs) + Cendres de balle de riz (2 sobika)	Poudrette de parc (3 kitapo) + Cendres de balle de riz (2 sobika) + Lombricompost (10 kg) + vers de terre (2500)
<b>PE3</b>	Fumier de porcs (1 kitapo) + Fumier de bovins (1 kitapo) + Cendres de balle de riz (1/2 kitapo)	Fumier de porc (20 kg) + Fumier de bovins (20 kg) + Cendres (5 kg) + Lombricompost (15 kg)
<b>PE4</b>	Fumier de bovins (1/16 charrette) + Cendres de balle de riz (1/4 sac rouge)	Fumier de bovins (1/16 charrette) + Cendres de balle de riz (1/4 sac rouge) + Vers de terre (2500)
<b>PE5</b>	Fumier de bovins (1 sac rouge) + Cendres de bois de chauffe (1/2 sac rouge)	Lombricompost (1 sac rouge) + Cendres de bois de chauffe (1/3 sac rouge)
<b>PE6</b>	Cendres de balle de riz (1/4 charrette) + Fumier de bovins (1/4 charrette)	Cendres de balle de riz (2 sacs rouges) + Lombricompost (50 kg)

<b>PE7</b>	Cendres de balle de riz (1/4 charrette) + Fumier de porcs (1/4 charrette)	Cendres de balle de riz (1/4 charrette) + Fumier de porcs (1/4 charrette) + Vers de terre (2500)
<b>PE8</b>	Cendres de balle de riz (1/4 charrette) + Fumier de bovins (1/4 charrette)	Cendres de balle de riz (1/4 charrette) + Lombricompost (25 kg)
<b>PE9</b>	Cendres de balle de riz (1/6 charrette) + Poudre de cornes de zébu (7 kg)	Cendres de balle de riz (1/6 charrette) + Lombricompost (25 kg) + vers de terre (2500)
<b>PE10</b>	Fumier de volailles (10 sobika) + Cendres de balle de riz (15 sobika)	Lombricompost (24 kg)
<b>PE11</b>	Fumier de porcs (10 sobika) + Cendres de balle de riz (15 sobika)	Fumier de porcs (5 sobika) + Cendres de balle de riz (15 sobika) + Lombricompost (10 kg)

Comme indiqué plus haut, l'installation de ces parcelles en novembre 2022 a été l'occasion de faire des mesures de quantités de fertilisants apportés et d'analyser la concordance entre théorie et réalité.

Ces travaux, très originaux et utiles pour la compréhension des pratiques des agriculteurs a été publié dans le Journal de l'Agroécologie (Ravonjarison, Raminoarison et al., 2023b). Les mesures ont permis de quantifier précisément le poids (en g, kg ou Mg) que représentent les divers contenants des agriculteurs. De même, les apports dans un poquet (petit trou où l'on dépose les graines et les fertilisants) variaient entre 7,25 et 117,65 g de matière fertilisante selon les agriculteurs et les matières apportées, pour les pratiques traditionnelles. Nous avons ainsi pu mesurer les écarts entre théorie et réalité. Les apports proposés par les agriculteurs représentaient entre 1,77 et 36,6 Mg/ha. En réalité, les doses apportées ont été moindres : entre 3,7 et 13,3 Mg/ha. Ces valeurs sont bien supérieures aux quantités généralement rapportées par le monde agricole autour de 3 Mg/ha et supérieures, pour certaines, à des quantités promues par la recherche pour intensifier la performance agronomique et la santé du sol (6 Mg/ha) (voir résultats du projet SECuRE). Concernant les pratiques innovantes, les apports réels ont varié entre 1,3 et 10,4 Mg/ha, soit moins que pour les pratiques traditionnelles (les apports au poquet variaient de 3,56 à 90,64 g). Cela renvoie à la perception que le lombricompost est un fertilisant très performant et est apporté en moindre quantité que d'autres fertilisants organiques. La connaissance des teneurs en carbone C, azote N et phosphore P des matières apportées a permis de mesurer la quantité de chacun de ces éléments apportés par les fertilisants : de 195 à 1515 kgC/ha, de 3,4 à 96 kgN/ha et de 3,3 à 47 kgP/ha pour les pratiques traditionnelles et de 157 à 1346 kgC/ha, de 3,8 à 88 kgN/ha et de 6,3 à 47 kgP/ha pour les pratiques innovantes. Ces résultats sont rares et apportent un éclairage nouveau sur les pratiques paysannes.

Dans la tâche 2.2, nous décrivons les résultats de la co-évaluation de ces pratiques, ainsi que des mesures de rendement.

- Tâche 1.5 : Transfert de l'outil Cammisol

Le projet Innov'Earth présentait une excellente opportunité pour faire évoluer et soumettre à l'œil des agriculteurs l'outil d'aide à la décision Cammisol. Cet outil développé dans le cadre d'un projet antérieur a un double objectif : décrire le fonctionnement 3D via un modèle multi-agents en 3 dimensions et proposer une interface 'utilisateur' pour aider les agriculteurs dans le choix des fertilisants. Ce modèle est sans cesse amélioré, tant sur le plan purement scientifique que sous l'angle de son interface (utilisateurs). C'est cette nouvelle interface qui a été présentée aux agriculteurs partenaires du projet lors d'une journée en atelier dans lequel chaque groupe de 4-5 agriculteurs disposait d'un ordinateur pour tester cette interface. Les agriculteurs ont beaucoup apprécié cette interface qui permet de choisir de nombreux paramètres d'entrée : type de sol (selon sa fertilité, noir, jaune ou rouge), localisation sur la toposéquence (haut, milieu, bas de pente), type de culture (maïs, riz, haricot, tomates, etc.), types de fertilisants (fumier, compost, lombricompost, engrais minéral, etc.). Les sorties sont les rendements estimés en contenants locaux (sacs ou charrettes). Les agriculteurs peuvent ainsi tester toutes les combinaisons (scenario) qui les intéressent.

## • État d'avancement du WP2

### Déroulement général du WP2

A la différence du WP1 focalisé sur les échanges entre acteurs et les approches participatives, le WP2 (Connaissances basées sur la science) est principalement construit sur l'acquisition de nouvelles connaissances par les scientifiques. Mais cette dichotomie est extrêmement poreuse et de nombreuses activités du WP2 impliquent des acteurs variés et notamment les agriculteurs et les ONG pour aboutir à une véritable recherche-action en partenariat. Les objectifs de ce WP2 sont multiples :

- Inventorier les vers de terre et les ressources végétales permettant aux agriculteurs de fabriquer eux-mêmes leur propre lombricompost (tâche 2.1). Cette activité a fait l'objet d'un stage de Master 2 et a été réalisé selon différentes approches : des enquêtes individuelles réalisées auprès des agriculteurs pour inventorier les espèces cultivées et non cultivées et pour connaître le potentiel mobilisable de ces ressources suivant la saison. Ce travail a permis la constitution d'un herbier des principales espèces recensées par les agriculteurs. En parallèle, les vers de terre présents dans les exploitations agricoles ont été inventoriés et identifiés. Ces enquêtes et inventaires ont été suivis d'un atelier collectif de capitalisation sur les ressources végétales et sur les vers de terre, en salle, le 31 mai 2023.
- Évaluer les innovations mises en place par les agriculteurs sur leur terrain (tâche 2.2, suite de la tâche 1.4). Cette évaluation, initialement prévue uniquement par les scientifiques a évolué pour aboutir à une co-évaluation. Celle-ci a pris la forme d'échanges sur le terrain ; les agriculteurs d'un même fokontany étaient regroupés et évaluaient tous ensemble, selon leurs critères l'état des parcelles d'essai : croissance du riz, attaque par des ravageurs, vigueur du riz, etc. Enfin, un atelier collectif a regroupé tous les agriculteurs, avec les scientifiques et les ONG pour faire une évaluation croisée des observations faites dans chaque fokontany. Cet atelier a eu lieu le 30 mai 2023 et a été particulièrement intéressant. Enfin, lors de la récolte du riz, sur chaque essai, les scientifiques ont été présents pour faire des mesures précises des rendements (3 carrés de rendement par parcelle). En année 2, le même protocole a été appliqué sur la deuxième saison de culture du riz : co-évaluations sur le terrain en mars 2024, par fokontany puis atelier de capitalisation en mai 2024 avec l'ensemble des agriculteurs, des scientifiques, des ONG. Cette activité (tâche 2.2) avait un autre objectif : celui d'étudier de façon préliminaire, la place du riz pluvial dans l'alimentation des ménages sur les Hautes Terres et d'étudier la qualité nutritionnelle des grains de riz produits selon les pratiques traditionnelles ou innovantes. Ce travail a fait l'objet d'un mémoire de Master 2 (ESSA).
- Évaluer dans un essai expérimental, scientifique, la performance du lombricompost et des vers de terre sur la croissance et le rendement du riz (tâche 2.3). Différents traitements expérimentaux, avec 4 répétitions chacun, ont été mis en place pour cela : lombricompost (6Mg/ha) avec ou sans inoculation de vers de terre (à une densité de 50 vers de terre/m<sup>2</sup>). Ces traitements mis en place sur l'essai SECuRE mis en place en 2017, seront comparés à la performance des autres traitements de l'essai et suivis depuis 2017. Il faut également qu'au début de la saison culturale 2021-2022, chaque traitement a été divisé en deux de manière à comparer un semis traditionnel (décidé par l'agriculteur propriétaire du terrain) et un semis tardif (semé 10 jours après la levée du 1<sup>er</sup> semis). Ceci permet de mimer expérimentalement un retard des pluies, l'une des principales conséquences du changement climatique sur les Hautes Terres et d'en mesurer les effets sur les rendements. Le suivi a été réalisé sur 3 années (2021-2022, 2022-2023, 2023-2024). En 2023, le suivi a été réalisé dans le cadre d'une étudiante de Master 2 (ESSA). Chaque année, de nombreux paramètres du sol (biodiversité et fonctions écologiques) et de la plante (croissance, biomasse, rendement) ont été mesurés pour les différents traitements et pour les deux dates de semis.
- Évaluer en conditions de laboratoire la performance du lombricompost et des vers de terre sur la résilience climatique du riz pluvial (tâche 2.4). Deux expériences ont été réalisées dans ce cadre. Il s'agissait de voir comment le riz pluvial résistait à deux types de stress climatiques (un stress thermique causé par une hausse passagère des températures diurnes et un stress hydrique causé par une absence plus ou moins prolongée d'humectation du sol) selon qu'il était fertilisé par du fumier (fertilisant traditionnel) ou du lombricompost (fertilisant considéré comme innovant), et en présence ou non de vers de terre inoculés. Ces deux expériences ont fait l'objet de deux stages de Master 2 (ESSA) réalisés, l'un en 2022 et l'autre en 2023. Elles ont nécessité l'aménagement d'une salle dédiée dans les locaux du LRI : installation d'un climatiseur pour régler au mieux la température de la pièce et de lampes suffisamment puissantes pour permettre la croissance du riz. En parallèle de ces deux études en salle d'incubation, une expérience en mésocosmes a cherché à approfondir les interactions entre vers de terre et fertilisants organiques dans la croissance du riz pluvial. Dans cette étude, nous avons testé la fertilisation par 11 matières organiques différentes sur le riz pluvial, en présence ou en absence de vers de terre. Différents paramètres de la plante ont été mesurés (hauteur, biomasse, nutrition).

### Principaux résultats scientifiques obtenus dans le WP2

- Tâche 2.1 : Échantillonnages des vers de terre et des ressources organiques

Ce travail a principalement été réalisé dans le cadre d'un mémoire de Master 2 de la faculté des Sciences d'Antananarivo (Rovanirina Rakotobe) sous la supervision principale de Malalotiana Razafindrakoto (chercheur post-doc LRI) et Patrice Autfray (chercheur CIRAD AIDA). Il a permis la production d'un herbier (disponible sur le

site SECuRE) et d'un article publié dans la revue BASE (Biotechnologie, Agronomie, Société, Environnement). Concernant les vers de terre, 8 espèces appartenant à 5 familles ont été recensées dans les exploitations. Parmi ces espèces, 7 sont dites 'naturalisées' car introduites relativement récemment à Madagascar et retrouvées dans de nombreuses localités où elles remplacent les espèces endémiques particulièrement sensibles aux activités humaines. Seule une espèce endémique (*Kyotus* sp.) a été récoltée. Parmi les espèces naturalisées, l'espèce *Pontoscolex corethrurus* est de loin la plus fréquente et la plus abondante. C'est cette espèce qui est utilisée pour les inoculations dans les sols, en raison de son effet très bénéfique sur la croissance du riz. Parmi les autres espèces recensées, cinq sont des espèces épigées et donc utilisables pour la fabrication de lombricompost : *Amyntas minimus*, *Amyntas corticis*, *Lampito mauritii* et *Dichogaster bolau*, *Nematogenia lacuum*. Les travaux menés par les scientifiques ont toutefois montré que certaines espèces étaient plus adaptées au lombricompostage, comme *A. minimus*, *L. mauritii*, et une autre espèce *Eudrilus eugeniae* non trouvée dans les échantillonnages mais pourtant présente sur les Hautes terres. Les agriculteurs ont appris à reconnaître ces espèces et à les utiliser au mieux. Cela s'est fait oralement et via la publication d'un livret franco-malgache sur les espèces et les usages des vers de terre disponibles sur les Hautes Terres (Razafindrakoto & Blanchart). Concernant les ressources végétales disponibles, 52 espèces ont été identifiées lors des premières enquêtes menées dans les exploitations (tous ces résultats sont disponibles dans l'article publié dans la revue BASE). Ces espèces ont été prélevées et photographiées. Lors de l'atelier collectif, onze espèces ont été rajoutées à cette liste. De ces 63 espèces, 7 sont des arbres, 18 des arbustes et plantes grasses, 12 des herbacées, 8 des adventices, 14 ressources correspondent à des résidus d'espèces cultivées. Les espèces sont endémiques ou non de Madagascar ; elles peuvent appartenir au domaine cultivé ou non cultivé. Les agriculteurs voient différents usages dans ces ressources végétales : 11 espèces (surtout arbres et arbustes) ont des fonctions médicinales, tandis que les herbacées et résidus ont essentiellement une fonction fourragère. Enfin, 9 espèces sont valorisées domestiquement, 10 valorisées agronomiquement (engrais verts), 6 espèces ont une fonction antiérosive et 7 une fonction de lutte contre les ravageurs de culture. La disponibilité de ces ressources varie selon la saison. Juste avant la saison culturale (de septembre à novembre), seuls les résidus de riz (pailles et balles) sont disponibles. Pendant la saison des pluies (décembre à avril), ce sont surtout les adventices et les espèces présentes dans les jachères et les friches qui sont disponibles. A la suite des enquêtes préliminaires et des premières observations, l'atelier participatif a permis, collectivement, de faire ressortir les espèces les plus intéressantes pour la fabrication de lombricompost en raison de leurs disponibilités (les espèces autoconsommées ou commercialisées n'ont pas été conservées) et de leurs effets perçus sur le sol, les cultures et les ravageurs de culture (voir article BASE). Cette capitalisation des savoirs traditionnels a été un évènement marquant du projet. Il est à noter que nombre de ces plantes sélectionnées par les agriculteurs sont généralement perçues comme se décomposant facilement et ont des effets répulsifs sur les bioagresseurs, insectes notamment (via des effets insecticides ou insectifuges). Certaines espèces ont également un possible effet répulsif sur les vers de terre ce qui pourrait gêner la fabrication du lombricompost. Cela reste à confirmer, mais une phase de pré-compostage sans vers de terre permettrait de neutraliser les effets phytotoxiques potentiels sur les vers de terre. Certaines espèces se sont révélées particulièrement prisées pour la fabrication de lombricompost : 'ambiaty' (*Vernonia appendiculata*), 'seva kely' (*Buddleja madagascariensis*) et stipe de bananier. En tout état de cause, cet inventaire des principales ressources végétales pose pour la recherche des nouveaux questionnements sur leurs propriétés encore mal connues et pourtant nécessaires au développement de l'agroécologie par des solutions locales.

- Tâche 2.2 : Évaluation des innovations en parcelles paysannes

Dans cette activité, des résultats ont été acquis sur deux aspects : (i) la co-évaluation des pratiques innovantes testées chez les agriculteurs, en comparaison des pratiques traditionnelles, (ii) la part du riz pluvial dans l'alimentation des ménages et sa qualité nutritionnelle selon le type de fertilisation.

La première évaluation sur le terrain a été faite entre le 27 février et le 3 mars 2023. Les expérimentations mises en place dans chaque village ont été visitées et analysées avec les scientifiques, les agriculteurs et l'ONG partenaire. L'évaluation a porté sur la mise en place des essais (problèmes rencontrés), la facilité de la récolte et de l'inoculation des vers de terre, les difficultés à fabriquer du lombricompost, les conditions météorologiques de la saison (sécheresse, pluies), et sur le développement du riz : le tallage (touffu ou peu touffu, talles fertiles ou non), l'état des feuilles (homogénéité de la couleur, couleur plutôt verte ou jaune) et l'épiaison (homogénéité, vitesse d'apparition des épis). Les observations varient d'un essai à un autre et sont détaillées dans un rapport de mission disponible. Ces évaluations faites sur le terrain, pour chaque essai ont été complétées par la suite par une mesure précise des rendements de chaque parcelle, puis par un atelier de co-évaluation qui s'est tenu à Imerintsiatosika le 30 mai 2023 en présence de tous les agriculteurs partenaires, des scientifiques et de l'ONG partenaire. Concernant les agriculteurs qui ont inoculé des vers de terre dans leur parcelle, ils ont globalement trouvé que cela prenait du temps de les récolter dans les parcelles avant de les inoculer. Certains ont toutefois

proposé qu'il faudrait les introduire plus tôt dans les parcelles (dans les essais, ils ont été inoculés en janvier pour une récolte en avril). Toutefois cette pratique ne fait pas consensus étant donné le temps qu'elle demande et que l'effet sur le riz n'a pas été très net (résultats contrastés selon les parcelles). En revanche, les agriculteurs ont tous noté des effets favorables des lombricomposts par rapport aux fertilisations traditionnelles : meilleur tallage du riz, riz plus haut, floraison plus précoce, feuilles plus vertes, épis plus précoces, rendement supérieur, moins de grains vides, retient mieux l'eau, moins de feuilles enroulées, meilleure résistance à la chaleur. A ces résultats bénéfiques s'ajoutent des rendements supérieurs pour ces pratiques innovantes : excepté une parcelle, les rendements ont été augmentés avec le lombricompost de 0,2 à 1,3 Mg/ha par rapport aux fertilisants traditionnels (seuls trois situations donnent une augmentation significative du rendement). Ces résultats sont importants pour tous les acteurs du projet. Les agriculteurs ont concrètement vu comment fabriquer du lombricompost et se sont forgés une opinion très favorable de cette matière fertilisante. Ils sont prêts à s'investir dans sa fabrication et son utilisation. Concernant l'inoculation des vers de terre, les agriculteurs restent sceptiques au vu du travail nécessaire. Excepté ce point, les agriculteurs trouvent positifs d'avoir des vers de terre dans leurs parcelles, mais cherchent malgré tout à faire des traitements à base d'insecticides pour lutter contre les vers blancs mais qui sont mortels pour les vers de terre. Ce point méritera une réflexion. Comme dit plus haut, cet essai chez les agriculteurs a été relancé pour une deuxième saison culturale après certains réaménagements dans les pratiques (voir le rapport de mission dédié). Pour cette année, ce sont les lombricomposts produits par les agriculteurs eux-mêmes qui ont été utilisés dans les parcelles. Ainsi une deuxième évaluation a pu être faite, confirmant les résultats de la première année et consolidant les agriculteurs dans leur bonne perception des lombricomposts. L'atelier final de capitalisation a permis d'avancer sur plusieurs points :

- Les avantages du lombricompost : ne nécessite pas beaucoup de travail, diminue les dépenses en engrais, permet de recycler les ordures ménagères, fertilisant de bonne qualité
- Les techniques de lombricompostage : les agriculteurs ont partagé leur expérience et leurs observations sur les matières à utiliser : certaines matières sont à favoriser (fumier de bovins, feuillages verts, ordures ménagères (épluchures des légumes, restes d'aliments, ...), résidus de récolte, certaines feuilles (ramilamina (*Azolla sp.*), feuilles de chayotte, ravin-tseva, Tephrosia violette, stipes de bananiers, ambiaty), d'autres à éviter (Voandelaka (*Melia azedarach*), feuilles des grands arbres), ou à utiliser avec modération (Tanamasoandro (*Tithonia diversifolia*), balles de riz). Enfin, il faut noter que les lombricompost à base de fumier sont toujours mieux d'après les agriculteurs. Enfin, ils recommandent de découper les matières premières en morceaux de 5-10 cm et de faire un pré-compostage de 7 à 10 jours. Après un pré-compostage, il faut seulement une semaine pour avoir un lombricompost mûr. Les agriculteurs ont également échangé sur les techniques à mettre en œuvre : pour éviter les attaques de poules et de rats, il est recommandé de cimenter le lombricompost et de le couvrir par des tôles. Enfin, il faut vérifier la bonne humidité du lombricompost, ni trop, ni trop peu.
- Les vers de terre à favoriser pour le lombricompostage. La plupart des agriculteurs utilisent l'espèce *Eisenia fetida* car elle produit le lombricompost plus rapidement que les espèces locales. Mais les espèces peuvent être mélangées.
- Un agriculteur a commencé à vendre son lombricompost
- Les deux principaux freins à la fabrication du lombricompost sont d'une part le coût nécessaire si l'on veut cimenter le lombricomposteur (pour le pérenniser) et la disponibilité des ressources végétales notamment pendant la saison sèche (rares) mais aussi pendant la saison des pluies (car les agriculteurs n'ont pas le temps d'aller les ramasser). Certains ont proposé de cultiver des espèces feuillues (pour le lombricompost) et comestibles (pour l'homme), comme la courgette ou le bananier.
- La production de lombricompost étant encore limitée, les agriculteurs privilégient leur utilisation pour les cultures à haute valeur ajoutée (cultures maraîchères et pépinières de riz)
- La dose d'apports du lombricompost a aussi fait l'objet de discussions intéressantes. Les agriculteurs préfèrent l'utiliser en assemblages (car il est produit en faible quantité et qu'il manque de connaissances sur les doses adéquates). Les agriculteurs l'utilisent en fumure de fond mélangé à du fumier ou à des cendres de balles de riz au moment du semis ou de la transplantation. Il est aussi utilisé en fumure de couverture en cultures maraîchères, éparpillé à la volée ; les agriculteurs l'utilisent à la place des engrais minéraux utilisés auparavant. Mais il faut également noter que les agriculteurs préfèrent utiliser le lombricompost pour les cultures auto-consommées, tandis qu'ils utilisent les engrais minéraux pour les cultures qu'ils vendent.
- Enfin, les agriculteurs ont noté que le lombricompost permet d'allonger la durée de fructification des légumes à fructification échelonnée (exemple courgettes et tomates) pendant plusieurs semaines, ce qui allonge la période de récolte. Les produits agricoles fertilisés avec le lombricompost se conservent pendant une longue durée et sont des produits plus sains.

Les études sur la part du riz pluvial dans l'alimentation et la qualité nutritionnelle du riz pluvial selon les pratiques de culture ont fait l'objet de plusieurs activités, pour l'essentiel sous la direction d'une équipe de nutritionnistes (Moisa et Qualisud) et d'agronomes du LRI. Dans cette activité, une étudiante en Master 2 de l'ESSA (Manitra Andriariso) a mené une étude approfondie auprès des agriculteurs partenaires du projet pour connaître leurs habitudes alimentaires, la part du riz pluvial dans leur alimentation, et dans quelles recettes ? Elle a également mené des études sur les décortiqueries et les niveaux de décortilage du riz pluvial pour savoir ce qui est perdu comme nutriments. Les études chimiques des teneurs en nutriments des différents grains de riz (selon le décortilage et selon le type de fertilisation du sol) ont été réalisées à Montpellier (IRD Qualisud) par un ingénieur du LRI (Damase Razafimahafaly) qui a passé plus d'un mois à Montpellier du 5 octobre au 10 novembre 2023. Tous ces résultats sont détaillés dans le mémoire de fin d'étude de Manitra. Concernant l'effet de la fertilisation sur la qualité nutritionnelle du riz, on observe peu de différences significatives. Néanmoins, la fertilisation avec lombricompost depuis 7 ans est celle qui donne les valeurs les plus élevées en Fe, Zn, Cu, P, Al et protéines. Donnent également des valeurs relativement élevées : la fertilisation paysanne (vers de terre + lombricompost + lisier de porc) et le fumier depuis 7 ans. Dans notre étude, la teneur moyenne en protéines est de 8,9% ; les traitements à base de lombricompost et de vers de terre affichent des valeurs supérieures atteignant 10,3%. Ceci est à mettre en relation avec une possible plus grande disponibilité de l'azote dans le sol dans ces conditions (ceci a été montré dans la littérature). De même la teneur en P des grains de riz varie de 200 à 309 mg/100g et est plus élevée lorsque le riz est fertilisé avec du lombricompost. Le polissage du riz entraîne également des pertes en éléments, notamment Fe, Ca, Mn, Thiamine (vitamine B1), Mg, P, Al et K. Les protéines, le zinc et le cuivre sont peu affectés par cette opération. Il est connu que la thiamine est affectée par le polissage car elle est surtout contenue dans l'enveloppe du riz cargo (scutellum et aleurone) et peu stockée dans l'endosperme. L'étude sur les habitudes alimentaires a montré que l'alimentation est assez diversifiée, mais ce résultat est à utiliser avec prudence car l'étude a été réalisée en saison des pluies, période où fruits et légumes sont abondants. Le riz est l'aliment principal (70% du plat). Généralement, les mets d'accompagnement sont trop riches en sel et en huile (notamment les plats en version sauce). En termes de proportion, la prédominance du riz évite la forte consommation des mets qui font presque toute partie des catégories d'aliment à limiter. Ces analyses ont montré la dominance du riz dans les plats consommés et cela justifie encore plus l'intérêt de l'enrichissement du riz pluvial à travers le lombricompost et l'inoculation de vers de terre. Pourtant, le riz produit à partir des fertilisants innovants reste un aliment neutre. Le riz n'apporte pas tous les nutriments nécessaires dans les plats pour que les plats soient bénéfiques en termes de santé. Cela met en avant l'importance du rééquilibrage des proportions alimentaires des plats à base de riz pour améliorer le profil nutritionnel des plats malagasy.

- Tâche 2.3 : Essai scientifique au champ

Cette activité est en continuité de l'essai mis en place dans le cadre du projet SECuRE (2017-2021) où 25 traitements de fertilisation avaient été mis en place pour (i) mieux cerner les possibilités d'intensification écologique de l'agriculture pluviale des Hautes terres, (ii) étudier la performance de ces fertilisations sur la croissance du riz, sa biomasse, son rendement, (iii) étudier leur performance sur la restauration de la santé du sol (biodiversité et fonctions écologiques), (iv) évaluer la perception paysanne de ces fertilisations (intérêt, accessibilité, coût...). Trois cultures de riz avaient été suivies initialement (2017-2018, 2018-2019, 2019-2020) dans le cadre de ce projet. En 2020, une légumineuse (pois de terre) avait été installée. En 2021, suite au démarrage du projet Innov'Earth, nous avons relancé la culture du riz pour 3 années (2021-2022, 2022-2023, 2023-2024) en modifiant certains traitements. C'est ainsi que du lombricompost (6 Mg/ha) a été installé sur des parcelles qui avaient été bien ou mal fertilisées au cours des années passées, et que ces parcelles avec lombricompost ont été croisées avec des inoculations, ou non, de vers de terre. Ces traitements étaient, comme pour le reste de l'essai répété 4 fois. Enfin, avec le démarrage du projet Innov'Earth, nous avons cherché à mimer un retard climatique en effectuant le semis du riz à deux dates différentes. Les résultats issus de ces trois années de culture ont en partie été analysés dans le cadre d'un Master 2 de l'Institut Agro Montpellier (sur un financement de l'IRD, Leonor Coquelin, 2024) ; les aspects de retard de semis seront analysés dans le cadre d'une thèse démarrée en 2022 et financée par une bourse ARTS (IRD, 2023). Néanmoins un certain nombre de résultats marquants peuvent déjà être avancés.

Les nouveaux traitements, mis en œuvre dans le cadre de ce projet cherchaient à comparer des traitements avec lombricompost (6t/ha) avec ou sans inoculation de vers de terre. Ces traitements ont été suivis pendant 3 années de culture (2021-2022, 2022-2023 et 2023-2024), les vers de terre ont été inoculés, chaque année en janvier de chaque saison culturale, soit 1 à 2 mois après le début de la saison des pluies, après que les vers de terre redeviennent actifs. Les vers de terre ont été récoltés par les agriculteurs partenaires et inoculés à raison de 50 ind/m<sup>2</sup> sur nos parcelles d'essai. En mars, les vers de terre (comme le reste de la macrofaune) a été échantillonné (avant la fin de la saison des pluies). Il s'avère que les inoculations n'ont pas permis d'augmenter significativement

la densité de vers de terre dans les parcelles inoculées. En effet, les données moyennes sur 2022 et 2023 montrent des densités assez proches entre les deux types de traitements : 51,9 ind/m<sup>2</sup> dans les parcelles inoculées et 42,4 ind/m<sup>2</sup> dans les parcelles non inoculées. Ces valeurs sont comparables en moyenne à celle de l'ensemble du dispositif constitué de 25 traitements : 36,4 ind/m<sup>2</sup> en 2022 (avec des densités variant de 0 à 116 ind/m<sup>2</sup>) et 40,4 ind/m<sup>2</sup> en 2023 (avec des densités variant de 0 à 120 ind/m<sup>2</sup>). Cela ne permet donc pas au champ de tester cet effet additionnel de l'inoculation des vers de terre sur l'effet du lombricompost. Cela sera testé en laboratoire (voir tâche 2.4). Les rendements du riz ont été mesurés chaque année sur l'ensemble des traitements de l'essai. Ceux-ci confirment que l'absence de fertilisation, ou l'utilisation seule de fertilisants minéraux (NPK+urée) conduit à une absence totale de croissance du riz et de rendements. En 2022, les rendements sur les autres traitements varient de 0,87 à 2,22 t/ha de grains. Les trois meilleurs traitements sont un traitement avec lombricompost mis en place dans le cadre du projet, puis le traitement avec lombricompost et le traitement avec 'lisier de porc + cendres de balle de riz' apportés depuis le début de l'essai en 2017. En 2022, les traitements mis en place dans le cadre du projet, avec lombricompost depuis 2021 donnent des valeurs légèrement supérieures (1,49 t/ha) en moyenne, en comparaison des autres traitements plus anciens (1,36 t/ha). Cela confirme que le lombricompost est un fertilisant particulièrement performant pour la production du riz. L'année 2023 a été particulière en raison d'une forte attaque de bioagresseurs lors de la saison culturale : des adultes de Coléoptères Scarabéidés en décembre-janvier qui ont attaqué les jeunes pousses de riz du premier semis, particulièrement sur l'un des blocs de l'essai. En mars, ce sont des larves de Coléoptères Scarabéidés (dits vers blancs) qui ont attaqué les essais détruisant de nombreux pieds de riz, à la fois sur le riz des premier et deuxième semis. La conséquence fut une diminution importante des rendements en cette année 2023 : la moyenne pour les 'anciens' traitements (installés depuis 2017) était de 0,97 t/ha (variant de 0,18 à 1,79, avec une valeur de 1,61 pour l'ancien traitement avec lombricompost). Le traitement 'lisier de porc + cendres de balles de riz' qui avait donné les meilleurs rendements l'année précédente a, cette fois, donné le rendement le plus faible (0,18 t/ha). En revanche, les traitements récents avec lombricompost, installés en 2021, ont montré des rendements plus élevés, en moyenne de 1,40 t/ha (variant de 1,01 à 2,01 t/ha) équivalant aux valeurs de l'année précédente. Cela signifie que les traitements avec lombricompost n'ont pas été touchés par ces attaques de bioagresseurs, à la différence des autres traitements. C'est un résultat majeur de notre étude. La raison est encore inexpliquée mais l'une des principales hypothèses retenues est que les lombricomposts peuvent avoir été fabriqués à partir de plantes insectifuges ou insecticides ; ceci expliquerait cet effet sur les vers blancs (moindres attaques dans ces traitements), mais aussi sur les vers de terre qu'il n'a pas été facile d'inoculer dans ces parcelles. Cette question de la qualité des plantes choisies pour la fabrication du lombricompost est donc de première importance puisque cela doit répondre à de nombreux critères : ne pas tuer ou repousser les vers de lombricompost, repousser ou tuer les bioagresseurs comme les Coléoptères Scarabéidés (ou d'autres insectes ravageurs), apporter du carbone au sol pour restaurer la santé du sol, apporter des nutriments sous une forme qui soit facilement disponible pour les plantes et les organismes du sol (sans être perdus). Ces questions devraient être abordées lors d'un prochain projet de recherche car elle peut fortement intéresser les utilisateurs s'il s'avérait qu'il est, par ce moyen, possible de repousser les attaques de bioagresseurs, principale contrainte de l'agriculture des Hautes Terres, avec celle de la fertilité. Enfin, il est également important de noter qu'une mesure d'indicateurs de la performance au niveau de la plante et de la santé du sol a montré les valeurs les plus fortes pour ces traitements avec lombricompost (voir les détails dans le mémoire de Master 2 d'Elisa Rahantarivelo). Enfin, dernier point concernant le décalage de la date du semis (même mémoire de Master 2), il est intéressant de noter l'absence d'effet sur les rendements des traitements avec lombricompost alors que d'autres traitements anciens montraient une amélioration du rendement avec le décalage du semis. En revanche, il faut noter la plus forte quantité en P dans les plantes du D2, comparé au D1 pour ces traitements avec lombricompost. Il restera dans cette étude à valoriser l'année 2023-2024, encore en cours d'analyse et à faire la synthèse de l'ensemble de ces données.

- Tâche 2.4 : Expériences en laboratoire

Cette activité a pour objectif principal d'aider à la compréhension des effets d'une fertilisation innovante sur la croissance et la résilience climatique du riz. Deux types d'expérimentation ont été réalisées dans le cadre du projet Innov'Earth. Deux expériences ont cherché à comprendre comment les vers de terre présents (ou inoculés) dans les sols pouvaient améliorer la performance d'un fertilisant organique sur la croissance du riz. Autrement dit, le fait d'avoir des vers de terre dans un sol renforce-t-il l'effet fertilisant d'une matière ? Deux autres expériences ont cherché à voir si la fertilisation (traditionnelle vs bio-organique) pouvait modifier la résistance du riz à des stress climatiques (thermiques ou hydriques). Autrement dit, le fait d'avoir des vers de terre et/ou du lombricompost permet-il à la plante de mieux résister à des stress climatiques, en comparaison avec du fumier, sans vers de terre ?

#### A. Interactions vers de terre/fertilisants sur la croissance du riz

Ces expériences ont été réalisées en extérieur (température et pluviométrie naturelles, sauf quand un manque de pluie nous a obligé à arroser) dans des pots contenant 1,5 kg de sol tamisé et homogénéisé. Les fertilisants ont été mélangés au sol et 3 graines de riz ont été semées dans chaque pot.

Dans une première expérience, nous avons utilisé 9 matières fertilisantes (MF) + 1 témoin sans apports, chacun de ces traitements avec ou sans inoculation de vers de terre. La croissance et la nutrition du riz ont été mesurées au bout de 8 semaines de croissance. Après huit semaines de croissance, les fientes de volailles ont eu la meilleure performance fertilisante, suivies du fumier amélioré et du fumier de porc dans les traitements sans vers de terre. Le principal facteur de performance des engrais semble être la qualité des MF. Cependant, d'autres mécanismes, tels qu'une augmentation du pH du sol, peuvent également jouer un rôle important. L'inoculation de vers de terre a considérablement amélioré la performance fertilisante des MF, mais l'ampleur de cette amélioration dépend des MF. Dans l'ensemble, les MF à faible performance fertilisante ont montré une réponse plus prononcée aux vers de terre. De plus, les vers de terre ont amélioré la performance des MF de haute qualité probablement en améliorant la disponibilité de P et de Mg. Nos résultats soulignent les effets synergétiques des vers de terre et des OA de diverses qualités sur la croissance et la nutrition des plantes, offrant des informations précieuses pour améliorer les pratiques de fertilisation dans les Ferralsols pauvres en nutriments de Madagascar. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Soil Biology and Biochemistry* (Ratsiatosika et al., 2024).

Dans une deuxième expérience, nous avons testé, dans les mêmes conditions, 8 MF, en présence ou absence de vers de terre (*Pontoscolex corethrurus*, espèce endogée). Les MF ont été apportées de deux façons, soit en équivalent-carbone (les doses ont été calculées pour que chaque matière apporte la même quantité de C), soit en équivalent-phosphore, le P étant considéré comme un élément particulièrement limitant dans ces sols. Par rapport à l'expérience précédente qui a testé des MF 'classiques' (fumier, compost, lisier, fientes...), nous avons ici testé des matières plus originales mais en développement : biochar, fèces de grillons, compost d'ordures ménagères d'une grande ville, et des lombricomposts fabriqués à partir d'une même pré-compost avec 3 espèces de vers de terre différentes (*Eisenia fetida*, *Amyntas* et *Eudrilus eugeniae*). En équivalent-C, en absence de vers de terre, le riz se développe mieux (hauteur, nombre de talles) avec les déjections, les fientes et le lisier. En équivalent-P, seules les déjections de grillons montrent une bonne croissance du riz. En équivalent-C, toujours sans vers de terre, on observe de grandes différences de biomasse du riz avec des valeurs de biomasse totale (aérienne + racinaire) variant de 119 (avec le compost) à 768 (avec le lisier) mg/pot. Les variations sont moins fortes en équivalent-P, variant de 137 (avec le compost) à 446 mg/pot (avec les déjections) avec les lombricomposts d'*E. fetida* et d'*E. eugeniae* également performants. Ce resserrement de la variabilité montre bien que le P est un élément limitant pour le développement du riz, mais qu'il n'est pas le seul, car le fait d'apporter une même quantité de P n'entraîne pas forcément une croissance identique du riz. Cela peut dépendre aussi de la forme sous laquelle est amené ce P, comment il va se minéraliser, comment le pH sera modifié par l'apport et à quelles doses sont apportés les autres nutriments (N, Ca, Mg...). Le fait d'ajouter des vers de terre augmente la croissance du riz, pour toutes les matières (sauf pour le biochar, légère diminution) ; ce résultat est surtout visible lorsque les MF sont apportées en équivalent-P.

Ces résultats sont intéressants à plus d'un titre : (i) les MF ont des effets sur le riz très variables, vraisemblablement dépendant de leur qualité chimique (ainsi le compost utilisé ici et le biochar ne permettent pas une bonne croissance du riz), (ii) ces MF apportées à des doses identiques (donc équivalent-C) ont des effets sur le riz très différents, certaines MF étant beaucoup plus performantes que d'autres (lisier, fientes, déjections), (iii) lorsqu'on apporte ces MF en équivalent-P, il y a moins de variations dans leurs performances, (iv) les vers de terre permettent toujours d'améliorer l'effet des MF sur le riz, il est donc important dans une démarche agroécologique de favoriser leur présence dans les parcelles, notamment lors d'une fertilisation organique.

#### B. Effet d'une fertilisation innovante sur la résilience climatique du riz

Ces expériences ont été réalisées dans une chambre de culture qu'il a fallu équiper pour faire pousser le riz et permettre un bon contrôle de la température et de l'éclairage (jour-nuit).

Une première expérience a été réalisée en 2022 au cours de laquelle nous avons appliqué différentes situations climatiques au riz, en modifiant d'une part la température dans la salle pour appliquer un stress thermique, et d'autre part, le régime hydrique du sol pour appliquer un stress hydrique. Pour chaque situation climatique, deux facteurs ont été étudiés : (i) le type de fertilisant organique, regroupant le fumier (en tant que témoin représentant la pratique paysanne) et le lombricompost, et (ii) l'inoculation de vers de terre, regroupant des situations avec et sans vers de terre. Au bout de 6 semaines de croissance, les résultats ont montré que dans toutes les situations climatiques, le lombricompost a toujours montré une meilleure performance que le fumier sur tous les paramètres de croissance du riz qui ont été mesurés. En effet, en assurant une bonne nutrition à la plante, le lombricompost permet non seulement d'avoir une bonne croissance, mais favorise également l'activation des différents mécanismes d'adaptation aux stress climatiques. D'autre part, l'inoculation de vers de terre n'a pas montré d'effet significatif en absence de stress climatique, mais en a montré en situation de stress,



notamment un effet positif en situation de stress thermique et un effet négatif en situation de stress hydrique. Ces résultats montrent que la santé du sol (vu à travers la gestion de sa fertilité ou la présence d'organismes comme les vers de terre) influent sur la capacité du riz à résister à des stress hydrique ou thermique. C'est un résultat majeur qui ouvre de nouvelles perspectives en termes de gestion des sols face à ce bouleversement climatique qui arrive. Mais la compréhension des mécanismes reste à décrire : s'agit-il d'effets nutritionnels (plus d'apports de nutriments à la plante) ou non nutritionnels (libération dans le sol par les vers de terre de phytohormones qui peuvent jouer sur la croissance de la plante, ou l'ouverture des stomates) ou de réaction génétique de la plante (gènes de résistance au stress) ? Ce travail a fait l'objet du stage de mémoire de Master 2 de Toky Randriantsoa (ESSA).

Une deuxième expérience a cherché à vérifier (i) si l'effet observé des vers de terre (*P. corethrurus*) sur une meilleure résistance du riz à un stress thermique était lié à la densité des vers de terre : une densité plus forte entraîne-t-elle une meilleure résistance du riz ? et (ii) si l'effet lombricompost dépendait de la façon dont celui-ci avait été fabriqué (selon l'espèce de vers de terre). Cette expérience a été réalisée en 2023 (stage de mémoire de Master 2 de Marco Rakotomanana, ESSA). Les plants de riz ont été exposés à des températures normales (26°C/18°C jour/nuit) et de stress (31°C/18°C jour/nuit pendant 2 semaines). En conditions normales, le lombricompost fabriqué par *E. fetida* associé à une densité modérée de vers de terre a amélioré la disponibilité du phosphore dans le sol. Sous stress thermique, les lombricomposts d'*E. fetida* et d'*A. minimus* ont renforcé la résilience du riz, améliorant sa nutrition minérale et maintenant son activité photosynthétique. Les vers de terre ont favorisé une allocation préférentielle des ressources vers les parties aériennes, bien que l'effet synergique avec les lombricomposts n'ait pas été observé. De ce fait, cette étude démontre le potentiel de la fertilisation bio-organique pour améliorer la résilience du riz pluvial face au changement climatique. L'adoption de cette approche agroécologique, basée sur des ressources locales, pourrait transformer les systèmes rizicoles pluviaux, les rendant plus productifs et résilients.

## IV. Liste des livrables

Avant de parler des livrables, un point sur les jalons qui ont marqué le projet depuis janvier 2022 :

- M1 : Janvier 2022 : Séminaire de lancement en présence de tous les participants au projet - Fait
- M2 : Janvier et novembre 2022, novembre 2023 : Décisions sur l'essai au champ et sur les essais à mettre en place chez les agriculteurs : choix des fertilisations, des dates de semis, des mesures à réaliser - Fait
- M3 : Mars 2022 : Sélection des fermes de référence - Fait
- M4 : Mars 2022 et janvier 2023 : décision sur les expériences en laboratoire : choix des stress climatiques, choix de la fertilisation, modalités des expériences – Fait
- M5 : Mai 2022 : Visite par des agriculteurs de la ferme de notre ONG partenaire Amadèse à Analavory - Fait
- M6 : A différentes périodes du projet : réunions de l'équipe. En juin 2023 : Réalisation du comité de pilotage du projet Innov'Earth, équivalent à une réunion de mi-parcours – Fait
- M7 : Avril 2024 : dernière réunion avec tous les agriculteurs partenaires du projet et les ONG partenaires, restitution, co-évaluation, suites à donner. Mai 2024 : séminaire de restitution à Antananarivo devant les décideurs politiques, les bailleurs, les chercheurs, les ONG de développement agricole, des organisations paysannes et des agriculteurs - Fait

Les livrables prévues dans la convention sont les suivants :

- D1 : Avril 2022 : Rédaction du plan de communication (WP0) – Finalement réalisé en décembre 2022
- D2 : Avril 2022 : Rédaction du plan de gestion des données (WP0) – Finalement réalisé en décembre 2022
- D3 : Mai 2024 (WP0) : Rédaction du rapport final du projet (WP0) – Finalement réalisé en octobre 2024 suite à la prolongation du projet
- D4 : Octobre 2022 : Rapports des ateliers sur la co-construction de parcelles innovantes chez les agriculteurs (WP1) – Ces rapports ont été faits pour la première saison culturale (2022-2023) et pour la deuxième saison culturale (2023-2024) ; ils sont disponibles
- D5 : Janvier 2023 : Fascicule sur les vers de terre et sur les lombricomposts (WP1) – Le fascicule sur les vers de terre a été terminé en juin 2023, et les deux livrets sur les lombricomposts (un pour les agriculteurs, un pour les ONG) ont été finis en février 2024. Ces fascicules ont été imprimés en grand nombre et distribués auprès des destinataires. Les fichiers ont également été mis sur le site web du projet d'où ils peuvent être téléchargés.
- D6 : Rapport sur la perception des agriculteurs (WP1) - Cette étude réalisée en 2022 dans le cadre d'un étudiant de M2 (Mahery Rakotondrazafy) a été valorisée sous la forme d'un poster (Rakotondrazafy M.F., Blanchart

- E., Razafimbelo T., Ravonjjarison N., Raminoarison M. (2023) Changements climatiques : analyse des perceptions et impact sur la gestion de fertilité des sols en vue de co-construire des stratégies d'adaptation basées sur l'utilisation des vers de terres et des lombricomposts à Imerintsiatosika, Madagascar), d'un rapport et d'une présentation faite lors du Comité de Pilotage du projet en juin 2023
- D7 : Juin 2024 : Publication sur la perception des agriculteurs des vers de terre et des lombricomposts (WP1). Ce travail a été réalisé en octobre 2023 suite aux auto-évaluations faites par les agriculteurs au moment de la fin de la saison culturale 2022-2023, et suite à l'atelier de juin 2023 qui a permis des échanges entre scientifiques, ONG et agriculteurs. La première partie de ce travail a été publiée dans deux articles, dans le Journal de l'Agroécologie :
- Ravonjjarison N., Raminoarison M., Razafimahafaly D., Razafindrakoto M., Ratsiatosika O., Randrianantenaina L., Rakotomalala H., Bernard L., Autfray P., Razafimbelo T., Blanchart E. 2023. Apport de fertilisants sur les Hautes Terres Malagasy : quantification des unités de mesures paysannes. Journal de l'Agroécologie 16, 18-24.
  - Ravonjjarison N., Raminoarison M., Razafimahafaly D., Razafindrakoto M., Ratsiatosika O., Randrianantenaina L., Rakotomalala H., Bernard L., Autfray P., Razafimbelo T., Blanchart E. 2023. Gestion et quantification des apports de fertilisants dans les Hautes Terres de l'Itasy : pratiques habituelles et innovantes. Journal de l'Agroécologie 16, 25-39.
- D8 : Rapport de Master (WP2) – Six étudiants de Master 2 (5 de l'ESSA et 1 de la fac des Science) ont réalisé leur stage dans le cadre de ce projet :
- Mahery Rakotondrazafy (2022) Changements climatiques : analyse des perceptions et impact sur la gestion de fertilité des sols en vue de co-construire des stratégies d'adaptation basées sur l'utilisation des vers de terres et des lombricomposts à Imerintsiatosika, Madagascar. Mémoire de fin d'études d'ingénieur au grade de Master 2, ESSA, mention AT2D. Soutenance non réalisée.
  - Toky Randriantsoa (2022) Potentiel du lombricompost et des vers de terre à améliorer la résilience climatique du riz pluvial : essai en situation contrôlée. Mémoire de fin d'études d'ingénieur au grade de Master 2, ESSA, mention AT2D. Soutenance réalisée le 12 décembre 2022.
  - Elisa Rahantarivelo (2024) Pratiques de fertilisation innovantes pour une intensification des processus écologiques du sol en riziculture pluviale dans le contexte du changement climatique. Mémoire de fin d'études d'ingénieur au grade de Master 2, ESSA, mention AT2D. Soutenance réalisée le 31 janvier 2024.
  - Manitra Andriarisolo (2023) Étude de l'impact du lombricompost et de l'inoculation de vers de terre sur la composition du riz pluvial et estimation de son importance sur les apports nutritionnels - Cas de la Commune d'Imerintsiatosika. Mémoire de fin d'études d'ingénieur au grade de Master 2, ESSA, mention AT2D. Soutenance réalisée le 15 mai 2024.
  - Marco Rakotomanana (2024) Effet des fertilisants bio-organiques sur la résilience climatique du riz pluvial. Mémoire de fin d'études d'ingénieur au grade de Master 2, ESSA, mention AT2D. Soutenance réalisée le 17 septembre 2024.
  - Rova Rakotobe (2023) Inventaire, usages, disponibilité, savoirs et connaissances autour des espèces végétales cultivées et spontanées, et des vers de terre : étude de cas pour la production de lombricompost dans la commune d'Imerintsiatosika dans la région de l'Itasy. Mention Master SPAD, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo. Soutenance non encore réalisée.
- D9 : Avril 2024 : Publications sur l'intérêt agronomique de manipuler les vers de terre les lombricomposts (WP2). Un article sur cette question a été soumis au Journal de l'Agroécologie (voir ci-dessus). Il décrit les pratiques innovantes qui ont été co-choisies et décrites en 2022 par les agriculteurs et les scientifiques. Un autre article, en cours de rédaction, donnera les résultats de la première saison culturale et les conclusions de l'auto-évaluation faite par les agriculteurs. Enfin, une autre étude réalisée en mésocosmes et montrant l'intérêt d'associer vers de terre et fertilisants organiques a été publié dans la revue Soil Biology and Biochemistry :
- Ratsiatosika O., Trap J., Herinasandratra V., Razafimbelo T., Bernard L. & Blanchart E. (2024) Earthworms enhance the performance of organic amendments in improving rice growth and nutrition in poor Ferralsols. Soil Biology and Biochemistry 195, 109477.
- Pour terminer ce point, un exposé a été donné lors des 2 journées de l'atelier SANOI (Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle Océan Indien) consacrées à l'Agroécologie (11-12 avril 2023), cet atelier a réuni une trentaine de responsables ou de techniciens d'une dizaine d'ONG œuvrant dans le domaine de l'agroécologie :
- Blanchart E., Razafimbelo T., Razafindrakoto M., Ratsiatosika O., Raminoarison M., Razafitsalama H., Randriantsoa T., Ravonjjarison N., Razafimahafaly D., Rabary B., Randriamanantsoa R., Muller B., Autfray P., Audouin S., Bernard L., Becquer T., Trap J. (2023) Intensification agroécologique des fonctions

écologiques et restauration de la fertilité du sol pour une agriculture performante et durable (Ferralsols des Hautes Terres de Madagascar). Atelier SANOI, Antananarivo, 11-12 avril 2023. Exposé oral

Pour ce qui concerne les livrables hors convention :

- Da : Avril 2022 : Rapport sur la sélection des fermes de référence (WP1) – Fait
- Db : Mai 2022 : Finalisation du questionnaire (WP1) – Fait
- Dc : Janvier et décembre 2023 : Rapports intermédiaires de projet (WP0) – Fait
- Dd : Mars 2023 : Évaluation de la formation des agriculteurs – Fait via divers rapports et vidéos
- De : Novembre 2022 : Rapport d’atelier sur le transfert de l’outil d’aide à la décision Cammisol –
- Df : Avril 2024 : Document de synthèse à l’attention des décideurs et acteurs du développement – Fait (document de synthèse : Razafindrakoto M., Razafimbelo T., Blanchart E., Bernard L. & Mortillaro J.M. (2023) Intégrer la biodiversité du sol comme « solution fondée sur la Nature » pour améliorer la filière agricole à Madagascar – Valorisation des vers de terre et du lombricompost. Document LRI-IRD-CIRAD). Une vidéo (de 22’) de synthèse du projet Innov’Earth a également été réalisée (Recherche-action en partenariat et lombricompostage – Madagascar. LRI-IRD-CIRAD-AMADESE-FOFIFA) et est disponible sur le site du projet.

## V. Productions scientifiques

- Comptes-rendus d’ateliers sur le terrain ou en salle (voir le détail sur le document Excel des productions scientifiques)
- Rapports de mission de chercheurs (idem)
- Plaquettes :
  - Blanchart E. et Razafimbelo T. (2022) Plaquette de présentation du projet Innov’Earth. IRD-LRI, Madagascar.
- Documents de synthèse :
  - Razafindrakoto M., Razafimbelo, Blanchart E., Bernard L. & Mortillaro J.M., 2023. Intégrer la biodiversité du sol comme « Solution Fondée sur la Nature » pour améliorer la filière agricole à Madagascar - Valorisation des vers de terre et du lombricompost. Document de synthèse à destination des ONG et décideurs. Ressource interne LRI/IRD/CIRAD
- Livrets :
  - Razafindrakoto M. & Blanchart E. (2023) Les vers de terre de Madagascar : une ressource pour une agriculture durable. Livret édité dans le cadre du projet Innov’Earth. En français et malgache. [www.secure.mg](http://www.secure.mg)
  - Razafindrakoto M. & Blanchart E. (2024) Le lombricompost : un engrais organique pour la fertilité des sols. Fascicule technique à destination des organismes de développement agricole. Livret édité dans le cadre du projet Innov’Earth. [www.secure.mg](http://www.secure.mg)
  - Razafindrakoto M. & Blanchart E. (2024) Le lombricompost : un engrais organique pour la fertilité des sols. Livret pratique à destination des utilisateurs. Livret édité dans le cadre du projet Innov’Earth. [www.secure.mg](http://www.secure.mg)
  - Rakotobe R. (2023) Herbier réalisé dans le cadre du projet Innov’Earth. [www.secure.mg](http://www.secure.mg)
- Articles publiés :
  - Ravonjarison N., Raminoarison M., Razafimahafaly D., Razafindrakoto M., Ratsiatosika O., Randrianantenaina L., Rakotomalala H., Bernard L., Autfray P., Razafimbelo T., Blanchart E. 2023. Apport de fertilisants sur les Hautes Terres Malagasy : quantification des unités de mesures paysannes. Journal de l’Agroécologie 16, 18-24.
  - Ravonjarison N., Raminoarison M., Razafimahafaly D., Razafindrakoto M., Ratsiatosika O., Randrianantenaina L., Rakotomalala H., Bernard L., Autfray P., Razafimbelo T., Blanchart E. 2023. Gestion et quantification des apports de fertilisants dans les Hautes Terres de l’Itasy : pratiques habituelles et innovantes. Journal de l’Agroécologie 16, 25-39.
  - Ratsiatosika O., Trap J., Herinasandratra V., Razafimbelo T., Bernard L. & Blanchart E. (2024) Earthworms enhance the performance of organic amendments in improving rice growth and nutrition in poor Ferralsols. Soil Biology and Biochemistry 195, 109477.
  - Rakotobe R., Razafindrakoto M., Ravonjarison N., Blanchart E., Razafimbelo T., Bernard L., Raminoarison M., Rakotomalala H.H., Ratsiatosika O., Autfray P. (2024) Recherche-action en partenariat et ressources

végétales mobilisables pour la production de lombricompost dans les Hautes Terres de Madagascar. *Biotechnologie, Agronomie, Sociétés et Environnement* BASE, 28 : 131-146.

- Blanchart E., Razafindrakoto M. & Razafimbelo T. (2024) Des solutions fondées sur les vers de terre pour une agriculture durable. *Revue Gecko 'Regards sur la biodiversité dans le sud-ouest de l'Océan Indien'*, en cours de publication

- Communications orales :

Communications orales présentées lors de l'atelier 'Intégration de la biodiversité du sol comme « Solution Fondée sur la Nature » pour améliorer la filière agricole à Madagascar – Valorisation des vers de terre et du lombricompost'. Antananarivo, le 16 juin 2022 :

- Razafindrakoto M., Razafimbelo T., Blanchart E., Mortillaro J.M. (2022) Solutions basées sur la Nature : Valorisation des espèces autochtones de vers de terre.
- Mortillaro J.M., Blanchart E., Razafindrakoto M. (2022) Optimiser l'adoption et l'intensification écologique de la rizipisciculture à travers l'utilisation du lombricompost et de la lombriculture dans les exploitations familiales Malagasy.
- Blanchart E., Razafindrakoto M., Razafimbelo T. (2022) Optimiser l'adoption et l'intensification écologique de l'agriculture pluviale à travers l'utilisation du lombricompost et de la lombriculture dans les exploitations familiales Malagasy.

Autres communications :

- Blanchart E., Razafimbelo T., Razafindrakoto M., Ratsiatosika O., Raminoarison M., Razafitsalama H., Randriantsoa T., Ravonjarison N., Razafimahafaly D., Rabary B., Randriamanantsoa R., Muller B., Autfray P., Audouin S., Bernard L., Becquer T., Trap J. (2023) Intensification agroécologique des fonctions écologiques et restauration de la fertilité du sol pour une agriculture performante et durable (Ferralsols des Hautes Terres de Madagascar). Atelier SANOI, Antananarivo, 11-12 avril 2023. Exposé oral

- Communications orales internes :

- Bernard L., Blanchart E. et al. (2023) Intensification des fonctions écologiques du sol pour une agriculture durable et résiliente à Madagascar : des aspects fondamentaux aux approches participatives. Exposé dans le cadre des Réunions du Thème 1 de l'UMR Eco&Sols, Montpellier, 14 septembre 2023.  
Exposés présentés lors du Comité de pilotage du projet (2 juin 2023) :
- Blanchart E. et Razafimbelo T. (2023) Présentation du projet Innov'Earth.
- Ratsiatosika O. (2023) Travaux réalisés dans le cadre de l'essai scientifique au champ.
- Randriantsoa T., Blanchart E., Bernard L., Ratsiatosika O., Razafimahafaly D. et Razafimbelo T. (2023) Étude sur le potentiel du lombricompost et des vers de terre à améliorer la résilience climatique du riz pluvial : essai en situation contrôlée.
- Marilleau N., Breugnot P., Razanamalala K., Ravonjarison N., Raminoarison M., Razafimahafaly D. et Bernard L. (2023) Travaux réalisés dans le cadre de l'outil d'aide à la décision Cammisol.
- Raminoarison M. (2023) Travaux réalisés dans le cadre de la co-construction et co-évaluation des matières fertilisantes innovantes à base de vers de terre et/ou de lombricompost sur du riz pluvial.
- Ravonjarison N. (2023) Travaux réalisés dans le cadre de la conception multi-acteurs.
- Razafindrakoto M., Autfray P. et Rakotobe R. (2023) Travaux réalisés dans le cadre des enquêtes sur les vers de terre et les ressources organiques.
- Andriarisolo M. (2023) Travaux réalisés dans le cadre de l'étude de la composition nutritionnelle du riz pluvial produit à base de matières fertilisantes innovantes.

- Posters :

- Rakotondrazafy M.F., Blanchart E., Razafimbelo T., Ravonjarison N., Raminoarison M. (2022) Changements climatiques : analyse des perceptions et impact sur la gestion de fertilité des sols en vue de co-construire des stratégies d'adaptation basées sur l'utilisation des vers de terres et des lombricomposts à Imerintsiatosika, Madagascar. Poster présenté lors de l'atelier 'Intégration de la biodiversité du sol comme « Solution Fondée sur la Nature » pour améliorer la filière agricole à Madagascar – Valorisation des vers de terre et du lombricompost'. Antananarivo, le 16 juin 2022.
- Randriantsoa T., Blanchart E., Bernard L., Ratsiatosika O., Razafimbelo T. (2022) Effet de la fertilisation bio-organique sur la résilience du riz à des stress climatiques. Poster présenté lors de l'atelier 'Intégration de la biodiversité du sol comme « Solution Fondée sur la Nature » pour améliorer la filière agricole à Madagascar – Valorisation des vers de terre et du lombricompost'. Antananarivo, le 16 juin 2022.

- Mémoires d'étudiants :

- Randriantsoa T., 2022. Étude sur le potentiel du lombricompost et des vers de terre à améliorer la résilience climatique du riz pluvial : Essai en situation contrôlée. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome au grade de Master II). ESSA, Université d'Antananarivo

- Andriarisolo Manitra E., 2024. Étude de l'impact du lombricompost et de l'inoculation de vers de terre sur la composition du riz pluvial et estimation de son importance sur les apports nutritionnels - Cas de la Commune d'Imerintsiasosika. (Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome au grade de Master II). ESSA, Université d'Antananarivo.
- Rahantarivelo S.D. Elisa, 2024. Pratiques de fertilisation innovantes pour une intensification des processus écologiques du sol en riziculture pluviale dans le contexte du changement climatique. (Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome au grade de Master II). ESSA, Université d'Antananarivo.
- Rakotomanana Marco, 2024. Effets des fertilisants bio-organiques sur la résilience climatique du riz pluvial. (Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome au grade de Master II). ESSA, Université d'Antananarivo.
- Rakotobe Rovanimina, 2024. Inventaire et savoirs sur les ressources végétales et les vers de terre pour la production de lombricompost : étude de cas de la commune d'Imerintsiasosika dans la région de l'Itasy. (Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master SPAD). Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.

- Vidéos :

- Razafimahafaly D. (2023) Cinq vidéos sur la fabrication et l'usage des lombricomposts par les agriculteurs. Films de 10', 9', 9', 8' 11'. En malgache, sous-titré en français. Disponibles sur le site [www.secure.mg](http://www.secure.mg).
- Autfray P. & Ravonjarison N. (2024) Recherche-action en partenariat et lombricompostage - Madagascar. Réalisation Clerck M., 22 minutes, en 3 langues (malgache, français, anglais). Disponible sur le site [www.secure.mg](http://www.secure.mg) et sur Youtube (en français : <https://www.youtube.com/watch?v=eAx8lqMAJVI>, en anglais : <https://www.youtube.com/watch?v=fVlK75fnww>, en malgache : <https://youtu.be/st1iOBjKxtw>).

- Autres productions en lien avec le projet :

- Razanamalala K., Ratsiasosika O., Blanchart E. & Trap J. (2023) La biodiversité des sols : une ressource essentielle pour les sociétés. Séminaire scientifique 'Cosavez-vous' réalisé dans le cadre de la Communauté de Savoirs IRD sur la Biodiversité. 20 janvier 2023.
- Interview d'Eric Blanchart sur l'intérêt des vers de terre et des lombricomposts pour une agriculture durable. Interview réalisée par Kheira Bettayeb pour un numéro spécial de La Vie consacrée à l'agriculture durable. 12 décembre 2022.

## VI. Plan de gestion des données et accord de consortium

Un accord de consortium a été signé par toutes les parties.

Concernant les données, nous sommes en train de préparer un 'datapaper' concernant l'ensemble du jeu de données relatif à l'essai SECuRE-Innov'Earth, essai qui depuis 2017 mesure l'effet de différentes fertilisations sur la santé du sol et la performance agronomique. Ce datapaper est difficile à construire (plus de 100.000 données relevées sur cette expérimentation au champ). Les données seront alors rendues disponibles sous Licence CC BY 4.0.