



Zone réservée à l'instructeur ADEME

Diffusion	Confidentialité	Stratégique/sensible	Valorisation à prévoir	Date de revue d'obsolescence
☐ Interne	☐ Oui ☒ Non	☐ Oui	☐ Oui	MM/AAAA
☒ Externe	Date fin : MM/AAAA	☒ Non	☐ Non	
Nom du responsable UG			Validation de la qualification	

Bloc de texte à enlever avant la conversion en pdf, puis à remplacer sur le word

RAPPORT INTERMEDIAIRE DU PROJET VALOR

Valorisation des biodéchets urbains par
vermicompostage en amendements à
destination de l'agriculture

RAPPORT INTERMEDIAIRE 2

Février
2023



EXPERTISES

REMERCIEMENTS

M. Barla et Mme Novak (Métropole de Lyon)
M. Bienvenue (ville de Givors)
M. Borron (Eisenia / Société terrestres)
Mme Canonier (CA du Rhône)
Mme Menasseri (Agrocampus Ouest Rennes)
Mme Muller (ADEME)
Mme Schwebel (Région AURA)

CITATION DE CE RAPPORT

PEIGNE Joséphine, ULRICH Pierre, DUCASSE Vincent, BERDIER Chantal, MAILLEFERT Muriel, CAPOWIEZ Yvan.
2023. **Rapport intermédiaire 2 du projet VALOR**. 42 pages.

Si le rapport est en ligne ajouter :

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : XXXXXXXXXX

Supprimer les mentions ci-dessous si inutiles :

Si marché

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : XXXX

Coordination technique - ADEME : NOM Prénom ingénieur

Direction/Service : XXXXX

Si convention

Étude réalisée par (noms des auteurs et co-financeurs éventuels) pour ce projet financé ou cofinancé par l'ADEME

(si projet de recherche sans lien avec appel à projet) Projet de recherche coordonné par : XXXX

(si projet de recherche en lien avec appel à projet) Projet de recherche coordonné par : XXXXXXXX

Appel à projet de recherche : XXXX

Coordination technique - ADEME : NOM Prénom ingénieur

Direction/Service : XXXXX

SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	5
ABSTRACT	6
1. CONTEXTE DU PROJET	7
1.1. La gestion des biodéchets.....	7
1.1.1. Les enjeux du projet VALOR	7
1.2. Le vermicompostage.....	7
1.2.1. Les objectifs du projet.....	8
2. METHODOLOGIE	9
2.1. Les questions posées et la démarche retenue	9
2.2. Description détaillée des lots.	10
2.2.1. Lot 1 ‘Vie du projet’	10
2.2.2. Lot 2 ‘Caractérisation des filières de vermicompostage collectif sur la métropole de Lyon’	10
2.2.3. Lot 3 ‘Evaluation agroécologique du vermicompost’	11
2.2.4. Lot 4 ‘Evaluation socioéconomique des filières de vermicompostage sur le territoire modèle’	13
2.2.5. Lot 5 ‘Déploiement potentiel de filières de vermicompostage collectif dans d’autres territoires’	13
2.3. Calendrier prévisionnel et livrables.....	14
3. RESULTATS : DU 15 FEVRIER 2022 AU 15 FEVRIER 2023	16
3.1. Lot 1 ‘Vie du projet’.....	16
3.1.1. Tâche 1.1 La coordination du projet	16
3.1.2. Tâche 1.2 L’animation du projet.....	16
3.1.3. Tâche 1.3 La valorisation du projet.....	18
3.2. Lot 2 ‘Caractérisation des filières de vermicompostage collectif sur la métropole de Lyon’	19
3.2.1. Tâche 2.1 Description des différentes filières de vermicompostage et analyse des flux de matières sur le territoire modèle	19
3.2.2. Tâche 2.2 Caractérisation sanitaire, agronomique et technique des vermicomposts issus des différentes catégories de vermicompostage	25
3.3. Lot 3 ‘Evaluation agroécologique du vermicompost’.....	28
3.3.1. Tâche 3.1 Essai agronomique ‘Le vermicompost comme amendement ou fertilisant en AB’ – site de Genay	28
3.3.2. Tâche 3.2 Essai agroécologique ‘Evaluation des services écosystémiques des sols recevant du vermicompost’	28
3.4. Lot 4 ‘Evaluation socioéconomique des filières de vermicompostage sur le territoire modèle’	33
3.4.1. Tâche 4.1 Analyse territoriale des filières de traitement des biodéchets.....	33
3.5. Lot 5 ‘Déploiement potentiel de filière de vermicompostage collectif dans d’autres territoires’	37
3.5.1. Scénario de déploiement de la ville de Givors	37
3.5.2. Analyse des freins et leviers du déploiement	38
4. PERSPECTIVES POUR 2023 ET 2024.....	39
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	40
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES	41
SIGLES ET ACRONYMES.....	42

RÉSUMÉ

Il existe plusieurs voies de traitement des biodéchets produits dans les villes, des moins durables comme l'enfouissement et/ou l'incinération à des solutions permettant leur recyclage, comme le compostage ou la méthanisation. Le vermicompostage peut être une troisième voie de recyclage, du déchet de la ville à l'amendement des champs. C'est un processus contrôlé de décomposition de la matière organique qui a pour caractéristique majeure l'apport de vers de terre pour aider et accélérer le processus de dégradation des déchets. Cette technique se pratique en vermicomposteur et sous forme d'andains dans des plateformes urbaines ou agricoles. Dans ce projet, nous nous intéressons au vermicompostage collectif (de plein sol ou hors sol) ou sur des plateformes, techniques qui permettent de valoriser plus de quantités de biodéchets. Le vermicompostage offrirait des avantages agronomiques (amendements riches et favorables à la croissance des plantes), environnementales (peu de mécanisation, accumulation des polluants dans les vers) et socioéconomiques (création d'emplois, enrôlement des habitants) à l'échelle d'un territoire. Le projet VALOR a pour objectif de caractériser et évaluer la faisabilité de différentes filières de vermicompostage collectif pour valoriser les biodéchets urbains afin de permettre leur retour au sol. Nous cherchons à identifier les bénéfices socioéconomiques, environnementaux et agronomiques du vermicompostage à l'échelle d'un territoire dans une logique d'économie circulaire locale, avec la métropole de Lyon comme territoire modèle puis nous analysons son déploiement à d'autres territoires (Givors). Dans ce rapport, nous présentons les résultats intermédiaires du projet sur la période Février 2022 – Février 2023 (de 15 à 27 mois sur une durée totale de 42 mois). Ces résultats portent principalement sur (1) l'évaluation des GES des filières de traitement de biodéchets (vermicompostage et compostage), (2) la caractérisation de la qualité des vermicomposts issus de bacs collectifs par rapport au compost et digestat, (3) des résultats de l'application de ces trois produits au champ et (4) de l'analyse socioéconomique et du déploiement des filières de vermicompostage sur la métropole de Lyon et la ville de Givors.

ABSTRACT

There are several ways to recycle urban bio-waste, from less sustainable ones such as landfill and/or incineration to recycling solutions such as composting or methanisation. Vermicomposting can be a third way of recycling, from urban waste to field amendment. It is a controlled process of decomposition of organic matter, the main characteristic of which is the addition of earthworms to help and accelerate the process of waste degradation. This technique is practised in vermicomposter and in the form of windrows in urban or agricultural platforms. In this project, we are interested in collective vermicomposting or on platforms, techniques that allow more quantities of bio-waste to be recovered. Vermicomposting would offer agronomic (rich amendments favourable to plant growth), environmental (little mechanisation, accumulation of pollutants in the worms) and socio-economic (job creation, enrolment of inhabitants) advantages at a territorial scale. The VALOR project aims to characterise and evaluate the feasibility of different collective vermicomposting systems to recover urban biowaste and return it to the soil. We are looking to identify the socio-economic, environmental and agronomic benefits of vermicomposting on the scale of a territory in a local circular economy logic, with the city of Lyon as a model territory, and then we analyse its deployment to other territories (Givors). In this report, we present the intermediate results of the project from February 2022 at February 2023. These results mainly concern (1) the work on the evaluation of GHGs from biowaste treatment processes (vermicomposting and composting), (2) characterisation of the quality of vermicompost from collective bins compared to compost and digestate, (3) results of the application of these three products to the field, and (4) the socio-economic analysis and deployment of vermicomposting system in Lyon and Givors cities.

1. Contexte du projet

1.1. La gestion des biodéchets

1.1.1. Les enjeux du projet VALOR

La France a produit en 2016, 323 millions de tonnes (Mt) de déchets (CGDD, 2019). Selon l'ADEME (2018), les déchets ménagers et assimilés (DMA) se montent à 568 kg / hab. (chiffres 2016), dont les ordures ménagères résiduelles (OMR) représentent environ 300 kg / hab./an (Borron, 2020). A l'échelle de la métropole lyonnaise, la quantité de DMA collectés est de 546 Mt (chiffres 2018), dont 316,2 Mt pour les OMR. Le potentiel de biodéchets fermentescibles sur la métropole lyonnaise serait de 150 000t/an dont 130 000t ménagers ; 12 700 t produits par les restaurateurs et 5 600 t produits par les marchés (Grand Lyon Métropole, 2018 ; NeoEthos, 2017). Depuis 2012, la loi Grenelle II oblige les producteurs à trier à la source leurs biodéchets (loi n° 2010-788) favorisant ainsi l'émergence de filière de valorisation de ces derniers. Par ailleurs, depuis le 1er janvier 2016, tous les producteurs réalisant plus de 10 tonnes de biodéchets, à savoir la plupart des collectivités, sont soumis à la même règle.

Ce contexte encourage à proposer des méthodes de valorisation durables de ces déchets d'autant plus qu'en 2025 le tri à la source des biodéchets sera généralisé aussi bien pour les entreprises que pour les citoyens. Malgré ces injonctions, la question des biodéchets semble souffrir d'une grande invisibilité dans les politiques publiques locales (Lehec, 2018) et est laissée à une mise en œuvre autonome à l'échelle des collectivités (CGDD, 2019). Dans ce contexte, la métropole de Lyon a développé, une politique de prévention des déchets ménagers et assimilés (PLPDMA 2019-2024), promouvant la gestion de proximité des biodéchets et la réduction de la production de résidus végétaux (via le compostage et broyage). Il ne s'agit pas d'un programme de politique publique au sens fort, mais d'un ensemble programmatique d'actions, à finalité largement sociales autour de la fourniture d'équipements de compost ou d'actions avec des acteurs associatifs.

En terme de valorisation, la réutilisation des biodéchets urbains sous différentes formes (compost, boues etc.) est une des solutions envisageables et souhaitables pour améliorer la durabilité de l'agriculture (Lohri et al., 2017 ; Obriot et al., 2016). Cette valorisation pose néanmoins la question des filières et produit utilisés : compostage, méthanisation, système centralisé, décentralisé, local etc. Le vermicompostage, en tant que processus de transformation et les filières qui y sont associés pourrait répondre à ces besoins, y compris aux cahiers des charges des systèmes de culture en agriculture biologique (AB), soit un traitement des biodéchets avant épandage, avec toutefois des interrogations sur la qualité des produits, notamment la potentiel présence de pathogène liée au processus (pas de montée en température). Toutefois, les effets de ces amendements sur la biodiversité du sol, sur les potentiels pathogènes issus des biodéchets, les ETM ou encore la potentielle toxicité des digestats sur certains taxons du sol sont mal connus. Le vermicompostage en France est souvent diffusé à travers le vermicompostage individuel (en bois, plastique...) utilisable en intérieur et de préférence pour un foyer (Chenon and Thevenin, 2009), mais qui peut difficilement être vu comme une solution déployer à grande échelle. Des solutions « semi-collectives », via des modules en plastiques hors-sols existent mais sur des volumes relativement faibles (jusqu'à 1t de biodéchets/ an) (Mairie de Paris, n.d.). Néanmoins, la filière du vermicompostage à la ferme existe également, mais la source d'alimentation est la plupart du temps des fumiers, ou, de manière plus épisodique des résidus de cultures (Munroe, 2007). Concrètement, il n'existe donc en France a priori aucune proposition pour valoriser à moyenne ou grande échelle des biodéchets urbains par vermicompostage.

Ainsi, les enjeux de ce projet sont de

- **de qualifier et quantifier les flux de matières pouvant être traités par vermicompostage, du biodéchet au vermicompost produits à l'échelle de la métropole de Lyon**
- **de qualifier et quantifier les services écosystémiques rendus par les sols agricoles recevant du vermicompost ainsi que les externalités socioéconomiques et environnementales du vermicompostage afin d'appréhender aux mieux les bénéfices de cette technique**
- **pour proposer un cadre d'analyse de la durabilité de cette filière et pouvoir la déployer sur d'autres territoires.**

1.2. Le vermicompostage

Le vermicompostage, tout comme le compostage est un processus contrôlé de décomposition de la matière organique qui a pour caractéristique majeure l'apport de vers de terre en amont du processus de décomposition pour aider et accélérer le processus de stabilisation des déchets (Lim et al., 2016). Les vers de terre utilisés sont des épigés (qui vivent naturellement dans la litière) car ils se reproduisent vite et consomment une grande quantité de matière organique (Blouin et al., 2013) tout en « contrôlant » les populations bactériennes en les ingérant et les déplaçant dans la MO (Dominguez et al., 2009). De ce fait, certaines règles doivent être suivies pour respecter le cycle biologique des vers utilisés et optimiser le processus. Ainsi, les matières premières doivent être rigoureusement sélectionnées (Yadav and Garg, 2011). Par exemple les produits d'origine animale (hors excréments) sont proscrits (sauf si prétraitement par compostage par exemple) et il est nécessaire d'apporter autant de matières d'origine carbonée telles que les déchets d'espaces verts ou les cartons (fort enjeu car la ressource en broyat est limité en ville) pour que les vers puissent ingérer les biodéchets azotés (épiluchures ou restes de fruits et légumes, gazon...). Enfin, le mélange de ces déchets doit suivre des conditions particulières veillant à respecter une température mésophile (pas de

chauffe qui pourrait tuer les vers), des valeurs de pH entre 5 et 8 et des conditions d'humidité autour de 50% à 80% selon les espèces de vers utilisées (Dominguez, 2009).

Le vermicompostage est à l'origine une technique agricole (valorisation de fumiers) dont il existe une multitude de variantes (Edwards et al., 2010) mais dont la plus simple fonctionne en 2 phases (Munroe, 2007) : (1) Apport des vers et de la MO : installation d'une litière de vers (vers dans un substrat issu de la vermiculture) adaptée à la quantité de déchets suivi d'un apport des déchets en andains de 1 mètre de haut maximum (les vers sont sensibles au tassement). Il est possible de d'apporter de la MO de manière discontinue (apport en une ou plusieurs fois) ou continue (apport régulier sur le haut de l'andain). L'apport discontinu nécessite un plus grand travail mais permet un meilleur contrôle sur l'environnement des vers et facilite l'intervention sur des facteurs comme l'alimentation, le pH ou encore l'humidité. Ce type d'apport possède un haut rendement avec un taux plus élevé de reproduction des vers ce qui permet une application en gestion collective par quartier urbain. (2) Migration des vers et récolte du vermicompost : quelle que soit la technique d'alimentation, au bout de 4 à 6 mois, lorsque la MO est quasiment dégradée, un nouvel andain est réalisé parallèlement à l'andain de démarrage afin de mettre en place la phase de migration. Durant celle-ci, les vers en pénurie de nourriture dans le premier andain (affamement) vont se déplacer vers la nouvelle litière fraîche et ainsi laisser le premier andain vermicomposté qu'il sera possible de récolter par la suite. Cette étape est essentielle afin de conserver un maximum de vers pour poursuivre le processus et permettre une expansion graduelle du volume de matière traité.

La multiplicité de sources de biodéchets, de processus (combinant les 2 points clés cités précédemment) et d'utilisations, conduit à une méconnaissance de cette technique. Ainsi, la caractérisation des filières de vermicompostage et les processus associés à l'échelle d'un territoire sont un enjeu fort à traiter.

1.2.1. Les objectifs du projet

Le projet VALOR a pour objectif de mieux caractériser et évaluer la faisabilité de différentes filières de vermicompostage pour valoriser les biodéchets urbains. A travers le mot filière nous faisons référence à la chaîne qui va de la collecte des biodéchets (particuliers en pieds d'immeubles et/ou auprès de professionnels), au processus de vermicompostage utilisés (plateformes urbaine ou agricole) jusqu'à l'utilisation finale de ces vermicomposts en contexte agricole. L'équipe projet cherche à identifier les bénéfices socioéconomiques, environnementaux et agronomiques du vermicompostage à l'échelle d'un territoire. La métropole de Lyon est prise comme territoire modèle, car des filières structurées existent, puis cette analyse est étendue à d'autres territoires. Ce travail n'a encore jamais été réalisé sur une filière territorialisée, le plus souvent il existe des connaissances éparses sur le vermicompostage, et celles-ci sont rarement replacées et analysées dans le contexte d'une filière structurée et territorialisée.

Ce projet cherche ainsi à caractériser, analyser et évaluer :

- les différentes filières de vermicompostage envisageable dans un territoire,
- les flux potentiels de matière que cela peut représenter sur différents territoires (de la ville à la campagne),
- la qualité des vermicomposts issus de ces filières,
- les externalités positives ou négatives engendrées par ces filières dans un territoire,
- les services écosystémiques (stockage de carbone, maintien de la structure des sols, biodiversité, production de biomasse) rendus par ces vermicomposts, et
- Impact sociale de ces filières pour les différents acteurs (du citoyen à l'agriculteur).

2. Méthodologie

2.1. Les questions posées et la démarche retenue

Le programme scientifique fait appel à une approche pluridisciplinaire (sciences agronomiques, sociales, économiques et écologiques et du territoire). Une revue bibliographique (Cf annexe technique) a permis d'identifier plusieurs enjeux et objectifs importants pour le projet présenté dans la section précédente. Chaque enjeu, formulé sous forme d'un questionnement, fait l'objet d'un lot dans le projet. L'articulation des lots en lien avec la chaîne de valeur des biodéchets explorés par VALOR sont illustrés dans la figure 1.

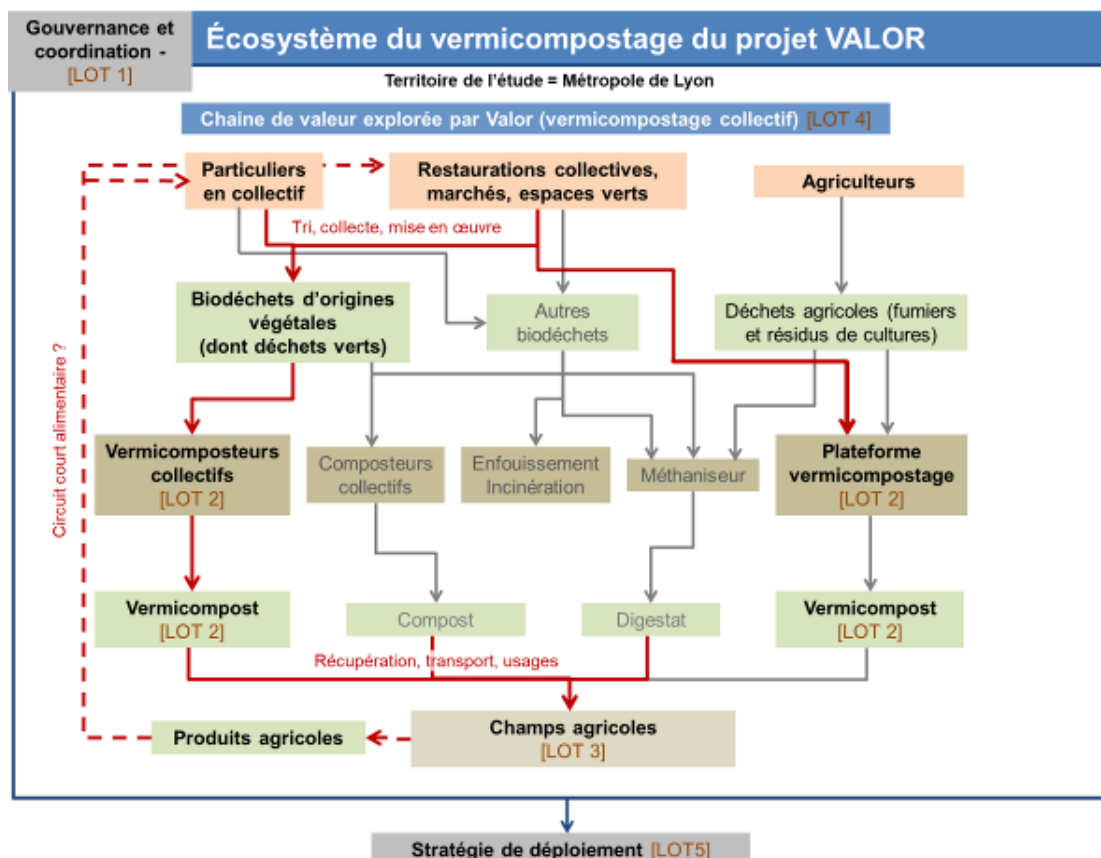


Figure 1 : Présentation graphique des filières étudiées, des lots et de l'ensemble de l'écosystème pour un territoire donné

Légende : Flèches rouges : filières étudiées ; Flèches grises : filières non étudiées ; Carrés verts : produits, ressources ; Carrés marrons : procédés ; Carrés roses : points départ acteurs

Tout d'abord, il apparaît que le processus de vermicompostage est mal connu et que les produits issus de ces techniques mal caractérisés. Le lot 2 'Caractérisation des filières de vermicompostage collectif sur la métropole de Lyon' répond ainsi aux questions : Quels types de filières sont développées aujourd'hui (Tâche 2.1), quelles quantités (et flux) de matières sont mobilisées et pour quelles qualités de produits issus des différentes filières (Tâche 2.2) dans la métropole de Lyon ? Cette analyse détaillée des filières de vermicompostage s'appuie notamment sur les travaux de l'association Eisenia, mobilise l'ISARA mais aussi EVS pour l'analyse des flux de matières couplés à des éléments socio-économiques.

La caractérisation des produits est essentielle pour sécuriser et mieux comprendre leur utilisation en agriculture, et plus particulièrement en agriculture biologique. Toutefois cela ne présume pas de leur devenir une fois épandu au champ. Ainsi, le lot 3 'Evaluation agroécologique du vermicompost' répond à la question : Quel est l'impact du vermicompost sur différents services écosystémiques rendus par les sols, et plus particulièrement sur la préservation de la fertilité du sol, la rétention en eau, la conservation de la biodiversité et la production de biomasse agricole ? Ce lot s'appuie sur des expérimentations chez des agriculteurs en AB (péri urbains), où différents compost, digestat et vermicompost ont été épandus avec des objectifs agronomique (tâche 3.1) ou de préservation de services écosystémiques (tâche 3.2). Une partie de ce lot est déjà financée dans le cadre d'une thèse. Ce lot mobilise principalement des sciences biotechniques (ISARA, INRAE, EISENIA).

En parallèle des analyses agroécologiques des vermicomposts, le lot 4 a pour objectif de conduire une analyse socioéconomique des bénéfices (ou désavantages) du vermicompostage, en répondant aux questions : Comment s'organisent les différentes filières de vermicompostage (ressources acteurs flux) (tâche 4.1) Quelles sont les coûts et bénéfices économiques de ces filières

(tâche 4.2) , Quelles sont les externalités et comment les identifier dans le cadre d'un projet de développement territorial durable (tâche 4.3)? Ce lot mobilise les sciences socio-économiques (EVS), via des analyses qualitatives et quantitatives issues d'une collecte de données et d'informations via la réalisation d'entretiens auprès des acteurs de la filière. Outre l'équipe EVS, la recherche s'appuie sur EISENIA, l'ensemble des collègues du projet et mobilise les utilisateurs finaux.

Les trois lots brièvement décrits s'inscrivent dans les travaux menés sur la métropole de Lyon, et sa zone agricole périphérique. En effet ce territoire présente plusieurs avantages : il existe déjà des filières de vermicompostage collectif, les acteurs des filières sont identifiables, des expérimentations ont déjà été initiées chez des agriculteurs AB en périphérie de la métropole. Toutefois, il apparaît nécessaire d'étudier le déploiement d'une telle technique dans d'autres territoires ainsi que le modèle de développement territorial que celui-ci implique (circularité des matières entre la ville et la campagne, préservation de l'environnement, bénéfices agronomiques, création de richesse...). Ainsi le lot 5 répond-il à la question : Comment déployer ces filières à d'autres territoires, avec leurs propres enjeux et spécificités ? Pour traiter cette question, nous allons d'une part bâtir des scénarios potentiels de déploiement des filières (tâche 5.1), en nous appuyant sur des études de l'association Eisenia, pour analyser l'implantation potentielle de ces filières de vermicompostage dans d'autres territoires. La tâche 5.2 identifie les freins et leviers de développement et la tâche 5.3 s'intéresse au déploiement des expérimentations, en mettant en évidence les principes généraux d'une analyse de la filière transférable à d'autres territoires. Ce lot va mobiliser l'ensemble des partenaires et des champs disciplinaires pour bâtir des principes pour des scénarios tenant compte de l'ensemble des enjeux précédemment cités.

Enfin, le lot 1 'Vie du projet' est transversal à l'ensemble du projet et implique tous les partenaires. La tâche 1.1 a pour objectif de coordonner, et plus particulièrement assurer les liens avec l'ADEME via la participation aux réunions GRAINE, à la réalisation et au rendu des rapports d'avancement annuel, technique et financier, le plan de gestion des données (PGD), et le rapport final. Les jalons décisionnels sont suivis dans cette tâche (5 jalons décrits dans le planning). La tâche 1.2 a pour objectif l'animation du projet, sur la base de réunions mensuelles afin que les travaux des différents lots, fortement dépendants les uns des autres, soient réalisés de façon coordonnée. La valorisation, dont la transmission des livrables multimédias du projet à l'ADEME, sera assurée en tâche 1.3.

2.2. Description détaillée des lots.

2.2.1. Lot 1 'Vie du projet'

L'objectif du lot 1 est la bonne gouvernance du projet pour assurer la coordination des partenaires entre eux et permettre le rendu des livrables en temps et en heure (livrables administratifs, techniques, scientifiques et de communication).

- Tâche 1.1 : La coordination du projet est assurée par l'ISARA, et comme pour l'ensemble du lot tous les partenaires sont impliqués. Pour la coordination administrative et financière, une personne du service administratif de l'ISARA est dédiée au projet. L'ISARA a une comptabilité analytique et une démarche qualité de gestion de projet permettant un suivi précis des actions, temps, coûts et rendus du projet (rapport annuel, rapport final, compte rendu financier). Elle assure le lien entre l'ADEME et les équipes du projet. Des comités de suivi et de pilotage du projet sont constitués avec tous les partenaires et des extérieurs (acteurs de la région, métropole de Lyon, scientifiques) afin de garantir l'intégrité technique et scientifique du projet.
- Tâche 1.2 : Comme illustré sur la figure 1, les actions entreprises dans les différents lots sont interconnectées. Les filières et composts caractérisés dans le lot 2 vont être mobilisés dans les lots 3 et 4 (évaluation de la durabilité du vermicompostage). De même, les méthodes et résultats acquis dans ces lots vont servir à construire les grilles d'analyses et scénarios utilisés dans le lot 5 (développement de filières dans d'autres territoires). Afin d'assurer la fluidité entre lots, nous mettons en œuvre une animation dynamique du projet basée sur : (1) des réunions mensuelles de suivi du projet, (2) un cloud sécurisé sur le serveur de l'ISARA pour centraliser les documents relatifs au projet (base de données, protocoles, CR de réunion, résultats d'entretien) au fur et à mesure de leur réalisation, (3) des temps sur le terrain (plateforme de compostage, champs expérimentaux, visite des territoires) pour tous les partenaires afin de comprendre les actions des uns des autres.
- Tâche 1.3 : Chaque partenaire et/ou chaque lot produit des résultats sous différentes formes à destination de différents publics, par exemple des rapports à destination de l'ADEME, des participations et présentation des résultats dans des instances publiques ou privées, des visites de terrain avec des extérieurs. L'ISARA est en charge de veiller à la réalisation des tous les livrables mais aussi à leur diffusion sur les différents vecteurs. La coordinatrice compile l'ensemble des livrables et assure leur diffusion en lien avec les partenaires. Un travail de diffusion auprès des étudiants est aussi mis en œuvre par l'ISARA et l'université Lyon 3 : (1) en proposant des sujets d'étude/stage sur le projet, et (2) en communiquant les résultats aux étudiants sous forme de parcours pédagogique (niveau master 1 et 2).

2.2.2. Lot 2 'Caractérisation des filières de vermicompostage collectif sur la métropole de Lyon'

L'objectif de ce lot est de définir différentes filières de valorisation de biodéchets par vermicompostage qui sont précisément caractérisées (quantitativement et qualitativement) sur la métropole de Lyon (incluant les difficultés rencontrées) et les exutoires de vermicompost issus de ces filières (agriculture urbaine, périurbaines, jardins partagés etc...).

- Tâche 2.1 : Description des différentes filières de vermicompostage et analyse des flux de matières sur le territoire modèle (EISENIA et EVS).

Dans cette tâche, nous caractérisons la filière vermicompostage par rapport aux autres filières de traitement biologique des déchets (compostage, méthanisation). L'objet de cette tâche est ainsi de caractériser ces différentes filières à travers la collecte des données relatives au biodéchets (données quantitatives et qualitatives) via des travaux de bibliographie et d'enquêtes, et donne lieu à une analyse comparée des bilans de Gaz à Effet de serre (GES).

Cette tâche a également pour objectif de caractériser les différents modèles existants dans la filière de vermicompostage via des enquêtes auprès des usagers et un suivi de terrain (des vermicomposteurs en place). En effet, depuis 2014, l'association EISENIA fait des essais de vermicompostage sur le territoire de la Métropole de Lyon. A travers une centaine de vermicomposteurs installés, valorisant pour chacun entre 0,4 et 8 Tonnes de biodéchets par an, et 2 plateformes agricoles ou urbaines, elle a pu tester un certain nombre de configurations, souvent de manière empirique, en lien avec des collectifs d'habitants, des copropriétés, des structures d'accueil ou scolaires, des associations ou des entreprises, des bailleurs et des communes. EISENIA va ainsi rédiger un guide technique accessible aux potentiels acteurs de la filière pour démarrer et gérer correctement un site de vermicompostage collectif ou en plateforme

- Tâche 2.2 : Caractérisations sanitaire, agronomique et technique des vermicomposts issus des différentes filières (EISENIA et ISARA).

Cette tâche a pour objectif de mesurer les propriétés physico-chimiques du vermicompost issu des biodéchets d'ordures ménagères afin de savoir s'ils peuvent être utilisés en tant qu'amendement organique conformément à la norme NFU 44-051 (qualité des amendements organiques) et de produire des documents de référence sur le vermicompostage.

Le vermicompostage des biodéchets étant peu étudié, plusieurs vermicomposts issus des filières étudiées en tâche 1 sont analysés afin d'évaluer la potentielle variabilité du produit :

- Vermicompost issu de vermicomposteurs collectifs en processus lent/extensif (biodéchets des particuliers + cartons)
- Vermicompost issu de vermicomposteurs collectifs en processus rapide/intensif (biodéchets des particuliers + cartons)
- Vermicompost d'une plateforme agricole (en andain) issu de biodéchets collectés auprès de restaurateurs et de broyat de bois
- Vermicompost d'une plateforme agricole (en andain) issu de biodéchets collectés auprès de restaurateurs et de fumier de bovin

Pour chacune de ces catégories une analyse complète du produit est réalisée conformément aux analyses de la norme NFU 44-051 : valeur agronomique, éléments traces métalliques (ETM), composés inertes (plastiques etc.), 7 PCB (Polychlorobiphényles) et 3HAP (Hydrocarbure Aromatique Polycyclique) et pathogènes (Œufs d'Helminthes, Salmonella et Escherichia coli). Afin d'approfondir ces analyses et caractériser plus précisément la qualité de la matière organique des analyses ISMO (Indice de la Stabilité de la Matière Organique) et de granulométrie sont réalisés. Vu que le processus de vermicompostage ne comprend pas de montée en température, un accent particulier est donné sur la qualité sanitaire des vermicomposts issus de vermicomposteur collectifs. Pour cela des vermicomposts de 8 autres vermicomposteurs collectifs ont été prélevés pour réaliser des analyses sur les pathogènes, PCB, HAP et éléments traces métalliques. Des analyses de valeurs agronomiques ont également été réalisées sur ces produits. Enfin des suivis de la faune des vermicomposteurs ont été réalisés à l'aide de piège Barber (macro et mésofaune).

Parallèlement des analyses agronomiques de vermicomposts issus d'un mélange de plusieurs vermicomposteurs collectifs ont été réalisées. Ces produits correspondent à ceux utilisés pour les épandages sur les sites expérimentaux du Lot 3. En plus des analyses de la norme NFU 44-051 et de l'analyse ISMO, nous avons caractérisé la matière organique d'un vermicompost avec une observation au microscope électronique à transmission et un suivi de la dynamique du carbone via la technique Rock-Eval®.

L'ensemble de ces analyses vont bien au-delà de la norme actuelle car l'objectif est de caractériser précisément les vermicomposts en fonction de la technique de vermicompostage utilisé (collectif, plateforme). Ce travail donne lieu à la rédaction d'un référentiel de qualité de vermicomposts à destination des utilisateurs finaux et permet de créer des connaissances fondamentales sur le potentiel agronomique des vermicomposts issus des biodéchets urbains.

2.2.3. Lot 3 'Evaluation agroécologique du vermicompost'

L'objectif du lot 3 est de comparer l'impact du vermicompost (issu de collecte de particuliers), en comparaison avec des composts et digestats (issus de méthaniseurs sans séparateur de phases) issus de biodéchets urbains, en évaluant différents services écosystémiques rendus par les sols. Pour cela nous réalisons un suivi d'essais agronomique (tâche 1) et édaphique (tâche 2). Les sites sélectionnés sont des parcelles péri-urbaines à Saint Joseph (42800) sur un sol sableux et à Genay (01390) sur un sol argilo-limoneux, les agriculteurs sont en AB et fortement intéressés pour recevoir des matières organiques.

- Tâche 3.1 : Essai agronomique 'Le vermicompost comme amendement ou fertilisant en AB' (ISARA, EISENIA, INRAE).

Deux essais au champ en AB de 3 ans au moins sont menés pour tester l'apport des différents amendements et/ou fertilisants tout au long du projet et mesurer leur impact sur la fertilité du sol (effet amendement), mais aussi la production de biomasse agricole (rendement, régulation adventices). Sur le site de St Joseph (démarrage janvier 2020), les apports de compost et vermicompost (+ un témoin sans apport) ont été effectués sur une base de 15t produit/ha pour 3 ans (Figure 2 gauche). Sur le site de Genay, l'apport est effectué chaque année (mimant deux doses de fertilisant de 60 et 120 kg de N/ha pour l'orge en 2020 et 80 et 160 kg de N/ha pour le blé en 2021) (Figure 2 droite).

Les parcelles élémentaires des deux sites sont répétées et disposées en bloc aléatoire, divisées en plusieurs modalités : vermicompost, compost et témoin (sans apport). Sur ces parcelles nous suivons : (1) la production de biomasse agricole via un suivi classique des composantes du rendement des cultures en place, (2) le service de régulation des adventices, via des couverts végétaux, (3) la fertilité du sol, à travers ses composantes chimiques (azote dont biodisponibilité dans la plante et dans le sol, physico-chimique classique), biologiques (activités enzymatiques, collemboles, mésofaune au groupe et vers de terre) et physique (test bêche et densité).

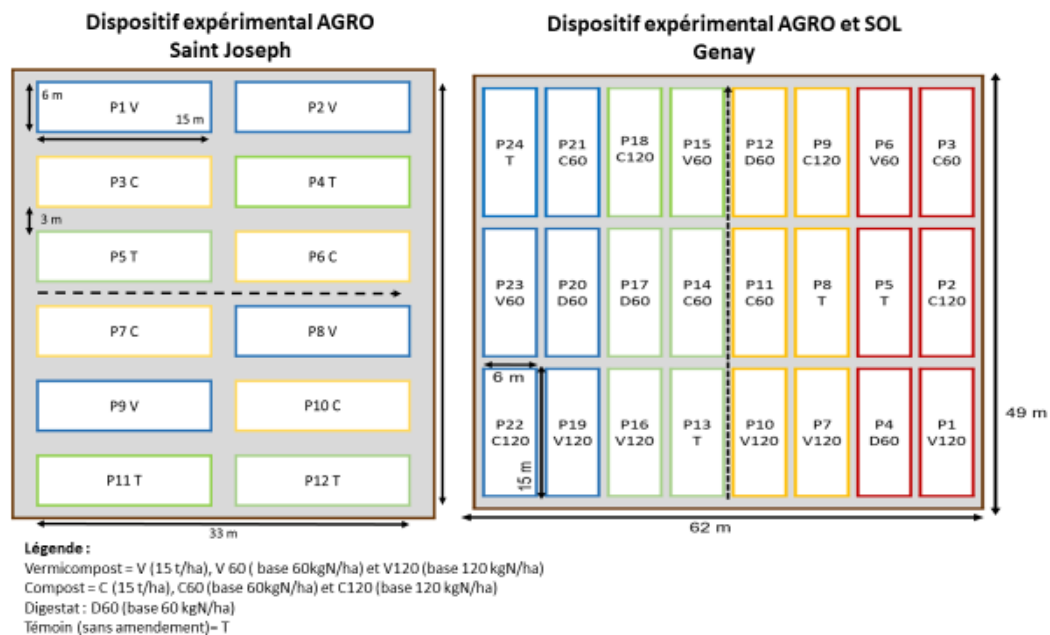


Figure 2 : Les essais mis en place dans le Lot 3

Tâche 3.2 : Essai agroécologiques 'Evaluation des services écosystémiques des sols recevant du vermicompost' (ISARA, EISENIA, INRA).

Cette tâche est effectuée uniquement sur le sol argilo-limoneux de la parcelle de Genay car le sol présente des enjeux écologiques (battant, faible teneur en MO). Cet essai est fondu avec l'essai agronomique, en ajoutant une modalité Digestat de méthaniseur sur une base de 60kg N/ha en 2020 et 80kg N/ha en 2021 (D60). Les suivis seront réalisés (T0, T6 mois et T1 ans) sur un an. Ici, nous cherchons à évaluer différents services rendus par les sols :

- Services de régulations : analyses agronomiques annuels comprenant les éléments traces métalliques, un suivi l'azote minéral dans le sol (0-30, 30-60 et 60-90cm) trimestrielle (entrée hiver, sortie hiver, floraison et récolte)
- Conservation de la biodiversité du sol avec un suivi semestrielle (printemps et automne) des populations de vers de terre et des collemboles à l'espèce, un suivi de la population de la mésofaune et un suivi de l'activité enzymatique des sols (Déshydrogénase, Glucosidase, Phosphatase et Uréase) tous les 1ans et demi (T0 en octobre 2020, T1 en mars 2022 et T2 en octobre 2023).
- Maintien de la structure du sol avec des mesures de densités tous les 6 mois sur l'horizon de surface (0-10 et 10-20cm) et des observations par tomographie à 1an et demi (mars 2022)
- Rétention en eau des sols par des mesures de rétention en eau à l'aide de table à succion 1an et demi (mars 2022)

2.2.4. Lot 4 ‘Evaluation socioéconomique des filières de vermicompostage sur le territoire modèle’

Le lot 4 a pour objectif de conduire une analyse socioéconomique de la filière et des bénéfices (positifs ou négatifs) du vermicompostage collectif. Après avoir étudié l’organisation des différentes filières de vermicompostage collectif (ressources acteurs) (tâche 4.1), il s’agit d’identifier les paramètres économiques de ce fonctionnement (tâche 4.2), puis de repérer les externalités positives ou négatives (en lien éventuel avec les services écosystémiques du lot 3) (tâche 4.3). Ce lot est conduit par l’équipe EVS Lyon 3 via des analyses et des entretiens auprès des acteurs de la filière. Ce lot s’appuie fortement à la caractérisation des filières de traitement des biodéchets effectuée dans le lot 2 (tâche 2.1). De même, les travaux se font en collaboration avec l’association EISENIA (réseau, acteurs, terrains...), et les collègues en science agronomique (lien avec les utilisateurs finaux).

- Tâche 4.1 Analyse territoriale des filières de vermicompostage collectif (EVS, EISENIA).

L’objectif de cette tâche est de réaliser une analyse qualitative de la filière reposant sur une revue de littérature sur les thématiques des acteurs, flux, coordinations, dans le domaine des biodéchets et du vermicompostage. Elle suppose de comparer le mode d’organisation de différentes filières (ex marché ou compostage de proximité en habitat collectif) à partir d’une analyse des acteurs et des coordinations. Cette analyse conduit à repérer des modèles de vermicompostage pouvant être déployés sur un territoire, afin de comprendre les déterminants socio-économiques de ces modèles. Parallèlement, autant que faire se peut (données collectables), une analyse du métabolisme de chaque mode d’organisation sera proposée.

- Tâche 4.2 Détermination des enjeux socio-économiques des filières de vermicompostage collectif (EVS, EISENIA). Ensuite, une analyse économique des coûts potentiels et des bénéfices économiques sociaux et environnementaux réalisée sur ces filières. Une comparaison avec d’autres filières, et plus particulièrement le compostage collectif, est prévue.

- Tâche 4.3 Identification des externalités territoriales (EVS, EISENIA, ISARA).

Après avoir réalisé une revue de littérature sur les externalités et services écosystémiques en lien avec le Lot 3, un repérage des externalités sera établi. Un cadre d’analyse sera réalisé pour identifier, qualifier et dans la mesure du possible quantifier ces externalités. Elles seront ensuite intégrées dans le schéma territorial.

2.2.5. Lot 5 ‘Déploiement potentiel de filières de vermicompostage collectif dans d’autres territoires’

L’objectif du lot 5 est d’analyser les conditions de déploiement d’une filière de vermicompostage dans d’autres territoires. Les études de l’association EISENIA servent d’appui pour analyser l’implantation potentielle des modèles de vermicompostage collectif dans deux autres territoires : la ville de Givors, et potentiellement une autre ville. Dans un premier temps (Tâche 5.1), des scénarios de déploiement sont formalisés et envoyés à des villes intéressées par mettre en place cette filière, puis après leurs mises en place, les freins et leviers de déploiement sur les villes intéressées sont identifiés en tâche 5.2. La tâche 5.3 sert à dégager des principes génériques de ces expérimentations. Un guide méthodologique identifiant les leviers et freins d’une mise en œuvre est ainsi rédigé, pour esquisser les principes généraux d’une analyse de la filière généralisable à d’autres territoires (suivant état d’avancement des expérimentations).

- Tâche 5.1 Identification des modèles potentiels de déploiement. Après avoir réalisé une revue de littérature sur les modèles de déploiement potentiels et sur les premiers résultats obtenus dans les lots 2 et 4, nous proposons des scénarios ou modèles de déploiement du vermicompostage pour des villes souhaitant mettre en œuvre cette technique dans la cadre d’expérimentation. Ces scénarios sont associés à des grilles d’analyses (indicateurs) permettant d’évaluer les bénéfices ou limites de cette filière au regard d’autres filières de traitement des biodéchets (principalement le compostage).

- Tâche 5.2 Analyse des freins et leviers du déploiement. La grille sera opérationnalisée sur les deux territoires d’expérimentation pour repérer les freins et leviers du déploiement d’une filière de vermicompostage sur un territoire (entretiens complémentaires).

- Tâche 5.3 Déploiement des filières. Des critères génériques de déploiement (sur les acteurs, conditions techniques, bénéfices socio-économiques, environnementaux, les risques etc.) sont recherchés en confrontant les grilles d’analyse des expérimentations ainsi que les résultats obtenus sur la métropole de Lyon. Un guide méthodologique pour le déploiement de filières (avec l’ensemble des partenaires) est ainsi proposé.

2.3. Calendrier prévisionnel et livrables

Le calendrier prévisionnel revu dans le rapport intermédiaire 1 est illustré en tableau 1. Le projet a démarré en novembre 2020, nous sommes actuellement au mois 27 du projet (17 février 2023).

Mois	Lot 1			Lot 2		Lot 3		Lot 4			Lot 5		
	Coordonner	Animer	Valoriser	Filières	Vermicomposts	AGRO	SOL	Acteurs	Economie	Externalités territoriales	Modèles de déploiement	Freins et leviers	Replicabilité
1	CoS	R, L1.2.1											
2	CoP	R, V, L1.2.2		B		Suiv	Suiv	B					
3	CoS, L1.1.1	R, L1.2.1	L1.3.1	doc, enq	B			doc					
4		R				Suiv			B				
5		R		redac	doc		Suiv						
6		R, V		L2.1.1									
7	CoP	R, L1.2.2	L1.3.2		CaB				Enq, J5	B	J6		
8		R				Suiv							
9		R, V						Enq	redac				
10	CoS	R, L1.2.3		redac	CaV	Suiv		acteurs, J5		mod	B		
11													
12		R		synth, J2	synth, J3	Suiv, An	Suiv, An, J4				AP		
13		R											
14	CoP, CoS	R, L1.2.3	L1.3.2								mod	mod	mod
15	L1.1.2	R	L1.3.1										
16	L1.1.1	R	J1			Suiv							
17		R									L5.1.1	AP	
18		R		L2.1.2									
19	CoP	R, L1.2.4		L2.1.3				Enq	Enq	Enq			
20		R				Suiv							
21		R											
22		R	L1.3.3, L1.3.4									Enq	Enq
23					L2.2.1								
24		R				Suiv, An							
25		R	L1.3.5				L3.2.1	synth	synth	synth			
26	CoS, CoP	R, L1.2.5	L1.3.6									redac	redac
27	L1.1.3	R											
28		R									L5.2.1		
29		R						L4.1.1	L4.2.1	L4.3.1			
30		R											
31	CoP	R L1.2.6				L3.1.1, L. 3.1.2							synh
32		R											
33		R											L5.3.1
34		R	L1.3.7										
35	CoS	L1.2.7	L1.3.8										
36											JE	JE	JE
37													
38	SeAd	R	L3.9										
39													
40	L1.1.4	R											
41													
42													

Légende : CoS: Comité de suivi ; CoP: Comité de pilotage ; R : Réunion d'équipe ; SeAd: Séminaire final Rtel: réunion téléphonique avancement; V: visite de sites équipe ; Enq: terrain, entretien ; CaB: caractérisation biodéchets ; CaV: caractérisation des vermicomposts ; Suiv: suivi des essais ; An: Analyses de données ; ; B: Bibliographie ; doc: Documentation ; redac: redaction ; synth: synthèse; JE: journée d'étude, AP: atelier participatif ; mod : modèle de déploiement

Tableau 1 : Calendrier prévisionnel du projet VALOR

Numéro	Livrable
L1.1.1	Plan de gestion des données (PGD)
L1.1.2, L1.1.3	Comptes Rendus Annuel 1 et 2
L1.1.4	Compte rendu final
L1.2.1 à L1.2.7	7 Comptes rendus des comités de suivi et de pilotage
L1.3.1	Page internet du projet
L1.3.2	Visite plateforme et présentation des premiers résultats
L1.3.3	Visite d'essais AGRO et SOL à destination principale des agriculteurs
L1.3.4	Brochures issus du référentiel sur les vermicomposts
L1.3.5	Brochures issus des guides techniques
L1.3.6	Visite d'essais AGRO (année 3) à destination principale des agriculteurs, et autres acteurs intéressés
L1.3.7	Conférence grand public sur les résultats du projet + brochure illustrée
L1.3.8	Webinaire scientifique

L1.3.9	Séminaire final des restitution du projet
L2.1.1	Cartographie des flux de biodéchets sur la métropole de Lyon et solution de vermicompostage associé
L2.1.2	Guide technique du vermicompostage collectif
L2.1.3	Guide technique du vermicompostage agricole
L2.2.1	Référentiel de qualité de différents vermicomposts
L3.1.1	Rédaction article et référentiel sur l'effet du vermicompost sur la fertilité du sol et la production agricole
L3.1.2	Premier référentiel sur l'effet du vermicompostage sur les cultures et la fertilité des sols
L3.2.1	Rédaction article et référentiel sur l'effet du vermicompost sur différents services écosystémiques
L3.2.2	Premier référentiel sur l'effet du vermicompostage sur les services écosystémiques rendus par les sols
L4.1.1	Cartographie des acteurs et des coordinations
L4.2.1	Analyse économique des coûts potentiels et des bénéfices économiques sociaux et environnementaux
L4.3.1	Cadre d'analyse : qualifier et quantifier ces externalités
L5.1.1	Cadre d'analyse du déploiement
L5.2.1	Freins et leviers de déploiement sur les territoires de Givors et Besançon
L5.3.1	Document technique: analyse de la filière de vermicompostage

Tableau 2 : les livrables du projet VALOR

Pour les jalons (tableau 3), voici les décisions prises ou à prendre :

- Jalon 1 (mars 2022) : les données ont été acquises, et ainsi un site internet a été ouvert pour commencer le processus de valorisation.
- Jalon 2 (Décembre 2021) : revoir le choix des filières. Nous avons validé le choix des filières à étudier, elles ont été présentées dans le rapport intermédiaire 1.
- Jalon 3 (Décembre 2021) : problème de normes pour les vermicomposts : tous les vermicomposts analysés lors des premières années du projet sont aux normes (Cf rapport intermédiaire 1).
- Jalon 4 (Novembre 2021) : épandage de matières supplémentaires sur le site d'essai. Suite au COVID, nous avons revu notre plan expérimental et effectivement réalisé un deuxième apport de vermicompost, composte et digestat sur le site d'essai principal (Rapport intermédiaire 1)
- Jalon 5 (fin 2021 – début 2022) : revoir le cadre d'analyse des filières pour le lot 4. Nous avons fait une réunion d'équipe en octobre 2021 où nous avons bien précisé les modèles de filière de vermicompostage à étudier (Cf rapport intermédiaire 1)
- Jalon 6 (Mai 2021) : déploiement sur d'autres territoires. Nous avons gardé la ville de Givors comme territoire de déploiement de la filière, des expérimentations sont en cours. Pour le deuxième territoire nous sommes confronté à un changement de contexte : les communes se hâtent de mettre en œuvre des plans de gestion des biodéchets à l'échéance 2023-2024. Cela bouscule notre analyse car elles sont moins réceptives à une phase d'expérimentation. Nous allons nous concentrer sur Givors, puis présenterons le cadre de déploiement à d'autres villes lors du séminaire de restitution.

<u>Numéro</u>	<u>Jalons</u>
J1	Validation des résultats avant début de diffusion, revoir la valorisation suivant les premiers résultats
J2	Revoir le choix des filières suivant les données disponibles
J3	Analyse de certains vermicompost pas aux normes, étude des blocages
J4	Pas assez d'effets sur une année, nouvel apport d'amendements pour un suivi d'une année
J5	Revoir le cadre d'analyse 5.1.1 si manque de données, critères non prévus
J6	Désistement/impossibilité de déploiement sur un ou des territoires, recherche d'autres territoires

Tableau 3 : les jalons du projet VALOR

3. Résultats : du 15 Février 2022 au 15 Février 2023

3.1. Lot 1 'Vie du projet'

Pour ce lot, nous avons repris les tableaux du rapport intermédiaire 1 et ajouté à la suite les nouvelles réalisations.

3.1.1. Tâche 1.1 La coordination du projet

L'ISARA assure la coordination du projet. Depuis le début du projet plusieurs comités de pilotage, de suivi, réunions de travail et d'équipe ont eu lieu. Le nombre, la date et l'objet de ces réunions sont détaillées dans la tâche 1.2. Dans cette tâche 1.1, les livrables sont : le plan de gestion des données (L 1.1.1) au démarrage du projet, le rapport intermédiaire de l'année 1 du projet (L 1.1.2 - rendu 19 février 2022). Pour gérer les données nous avons mis en place un cloud partagé et sécurisé sur ISARA cloud (plateforme Nextcloud©), où les réalisations sont compilées. Chaque partenaire garde pour le moment ces données brutes, et met à disposition l'état d'avancement de ces travaux à date sur le cloud. **Ce présent document correspond au livrable L 1.1.3, soit le deuxième rapport intermédiaire du projet VALOR.**

Pour l'instant nous n'avons pas eu de réunion spécifique sur l'appel à projet graine (réunion avec d'autres porteurs de projets), nous avons juste réalisé une fiche de présentation du projet demandé et compilé par l'ADEME dans le cadre de cet appel à projet.

L'ISARA fait des points réguliers avec chaque partenaire sur le suivi administratif et financier (à chaque réunion d'équipe), mais chacun assure la justification financière de son institut.

3.1.2. Tâche 1.2 L'animation du projet

Le tableau 4 synthétise toutes les réunions et animation que nous avons réalisées depuis le démarrage du projet, tous les comptes rendus de ces activités sont disponibles et partagés sur le cloud ISARA. Au 17 février 2023, nous avons réalisé 5 livrables prévus (**L 1.2.1, L 1.2.2, L 1.2.3, L1.2.4 et L1.2.5**), avec un décalage de quelques mois par rapport au prévisionnel. Nous avons programmé trop tôt les comités de suivi et de pilotage (pratiquement au démarrage du projet), ce qui finalement n'était pas très judicieux. Ainsi il nous manque un livrable à date, **le L 1.2.6**, soit le compte rendu du troisième comité de pilotage prévu normalement le mois 26 soit Janvier 2022. Nous allons le décaler à septembre 2023 afin de laisser une année entre deux Copils, et préparer le séminaire de restitution finale.

<u>Réunions</u>	<u>Date</u>	<u>Objet / Livrables</u>	<u>Personnes concernées</u>
Réunion d'équipes			
Démarrage du projet	2/11/20	Préparer le projet VALOR/ reprise de l'annexe technique	Partenaires projet / ADEME (via échange de mail)
Avancement	09/12/20	Définition des filières, travaux engagés	Partenaires projet
Avancement	28/01/20	Focus sur les travaux sur les émissions de GES	Partenaires projet
Avancement	31/03/2021	Avancement des travaux, points sur les lots	Partenaires projet
Avancement	26/05/2021	Préparation présentation école urbaine (CF. valorisation) et stage Eisenia été 2021	Partenaires du projet
Avancement	07/09/2021	CR de la réunion avec métropole (CF valorisation), bilan stage été 2021, états d'avancement des lots	Partenaires du projet
Atelier de travail	19/10/2021	Définition des modèles de fonctionnement du	Partenaires du projet

		vermicompostage à l'échelle d'un territoire (CF. Lot 4)	
Préparation site internet	11/2021	Rencontre avec webdesigner	Partenaires du projet + webdesigner
Préparation de livrable	02/02/2022	Préparation des livrables du lot 2	Partenaires du projet
Préparation travaux étudiants et CDD	08/02/2022	Préparation des travaux des lots 4 et 5 pour 2022	Partenaires du projet
Avancement	29/03/2022	Etat avancement du lot 2	Partenaires du projet
Avancement	02/06/2022	Etat d'avancement	Partenaires du projet
Préparation COPIL	12/10/2022	Etat d'avancement et préparation du copil	Partenaires du projet
Avancement	06/01/2022	Etat d'avancement	Partenaires du projet
Avancement	06/02/2022	Préparation du rapport intermédiaire 2	Partenaires du projet
Comité de suivi			
Visio	07/01/2021 Décalage de 3 mois / prévisionnel	Point intermédiaire d'avancement des travaux L.1.2.1 : ppt du COS,	Partenaires du projet + ADEME (F. Muller)
Visio	11/01/2022 Décalage de 3 mois / prévisionnel	Point intermédiaire d'avancement des travaux L.1.2. 3 : ppt du COS	Partenaires du projet + ADEME (F. Muller)
Présentiel	08/07/2022	Point intermédiaire d'avancement des travaux L.1.2. 5 : ppt du COS	Partenaires du projet
Comité de pilotage			
Visio	07/05/2021 Décalage de 6 mois / prévisionnel	Présentation du projet VALOR et des premiers résultats, orientation du projet L.1.2.3 : ppt du COPIL + discussion	Partenaires du projet + membres du comité de pilotage (M. Barla, Métropole de Lyon ; M. Bienvenue, ville de Givors ; M. Borron, co-fondateur Eisenia / Société terrestres ; Mme Canonier, CA du Rhône ; Mme Menasseri, Agrocampus Ouest Rennes ; Mme Muller, ADEME, Mme Schwebel, Région AURA)
Visio	17/10/2022	Présentation des résultats, suite du projet L.1.2.4 : ppt du COPIL + discussion	Partenaires du projet + membres du comité de pilotage (M. Barla, Métropole de Lyon ; Mme Barbey, ville de Givors ; M. Borron, co-fondateur Eisenia / Société terrestres ; Mme Canonier, CA du Rhône ; Mme Menasseri, Agrocampus Ouest Rennes ; Mme Muller, ADEME)

Visites			
	28/01/2021	Visite des vermicomposteurs installés à Lyon 1	Partenaires projet
	26/05/2021	Visite des plateformes agricoles de vermicompostage à Saint Joseph (et d'un site d'essai)	Partenaires projet
	06/2022	Visite 0 Pontevedra, Espagne : compostage de proximité dans une métropole	Pierre Ulrich, Muriel Maillefert, Franco Camilo, Le Masson Madison
	10/06/2022	Echange avec la CA pour préparer visite agri	Joséphine Peigné, CA 69

Tableau 4 : Activités du projet VALOR du 2/11/2020 au 19/02/2022

3.1.3. Tâche 1.3 La valorisation du projet

Nous sommes en début de troisième année du projet VALOR, plusieurs livrables sont ainsi déjà disponibles : **le site internet (L 1.3.1) et une visite des plateformes de vermicompostage et présentation des premiers résultats (L 1.3.2)** (Tableau 5). Nous sommes en retard pour la réalisation des livrables L1.3.3 et L1.3.6, soit des visites d'essais (en lien avec le lot 3) : en effet après discussion avec nos collègues de la Chambre d'Agriculture, il est apparu plus approprié de ne faire qu'une seule visite en mars ou avril 2023 afin de présenter un maximum de résultats aux agriculteurs. Nous sommes en train de programmer cette visite sur le site d'essai de Genay, avec un temps en salle pour montrer les apports du projet, et un temps sur l'essai.

Les livrables 1.3.4 et 1.3.5 sont deux brochures issus des travaux du lot 2 sur la qualité et la technique de vermicompostage. En raison de problèmes réglementaires sur la technique, nous avons mis de côté ces livrables de valorisation (suite à des discussions avec l'ADEME). Nous avons quand même avancé sur les guides (Cf. lot 2) dont sont normalement issues ces brochures, sans mentionner l'ADEME et le projet comme demandé. **Toutefois pour les brochures avec logo du projet et de l'ADEME (des 4 pages comme sortie du projet), nous préférons attendre une discussion sur ce sujet avec l'ADEME et statuer en 2023.**

D'autres valorisations sans livrable spécifique sont aussi recensées dans le tableau 5.

D'un point de vue pédagogique, de nombreux étudiants de l'INSA Lyon, de Lyon 3 (niveau L3, master 1 et 2), étudiants de l'ISARA (niveau L3) et un étudiant de l'Université de Lille (master 2), ont participé à des travaux de VALOR dans le cadre de leur formation (travaux de groupe, stage etc.).

<u>Valorisation</u>	<u>Date ou période</u>	<u>Contenu / Livrables</u>	<u>Public</u>
Fiche descriptive du projet	Été 2021	Présentation du projet VALOR / recueil des projets GRAINE ADEME	Extérieur, via ADEME
Séminaire métabolisme (Ecole urbaine de Lyon)	23-25/06/2021 En avance de 7 mois	Présentation des travaux VALOR lors du séminaire (PPT) + visite des expérimentations de Givors et de la plateforme de vermicompostage de Saint Joseph avec les participants du séminaire Livrable L1.3.2	Chercheurs et étudiants, partenaires du projet
Site internet	Juin 2022	Site internet : vermicompost.fr. Livrable L 1.3.1	Tout public
Article scientifique	Toute la période	Rédaction d'un article de revue de la littérature sur la qualité du vermicompost de biodéchets et des services rendus au champs – accepté (Cf lots 2 et 3)	Scientifiques

Présentation du projet à la métropole de Lyon	03/09/2021	Présentation et discussion avec vice-présidente au déchet et vice-président à l'agriculture autour de l'insertion de VALOR dans leur projet	Elus
Présentation du projet à la ville de Pontevedra (Espagne)	Juin 2022	Lors d'une visite sur site nous avons présenté le projet VALOR, afin de discuter et comparer nos approches	Techniciens, élus
Poster scientifique	10-15 juillet 2022	Une partie des résultats des travaux de terrain a été présentée lors du 12e Symposium International sur l'Ecologie des Vers de Terre, Rennes, France,	Scientifiques
Article scientifique	Décembre-Janvier 2022	Rédaction d'un article de revue sur la qualité du compost, vermicompost et digestat issus de biodéchets urbains (en cours de révision, après correction majeure)	Scientifiques

Tableau 5 : Valorisation du projet VALOR du 2/11/2020 au 19/02/2022

Les prochaines livrables prévus en 2023 et 2024 sont : (1) la visite d'essai de Genay (livrables 1.3.3 et 1.3.6, regroupés en un livrable commun), (2) une conférence grand publique sur les résultats du projet (L1.3.7), (3) un webinaire scientifique (L1.3.8) et un (4) un séminaire final de restitution du projet (1.3.9).

3.2. Lot 2 'Caractérisation des filières de vermicompostage collectif sur la métropole de Lyon'

3.2.1. Tâche 2.1 Description des différentes filières de vermicompostage et analyse des flux de matières sur le territoire modèle

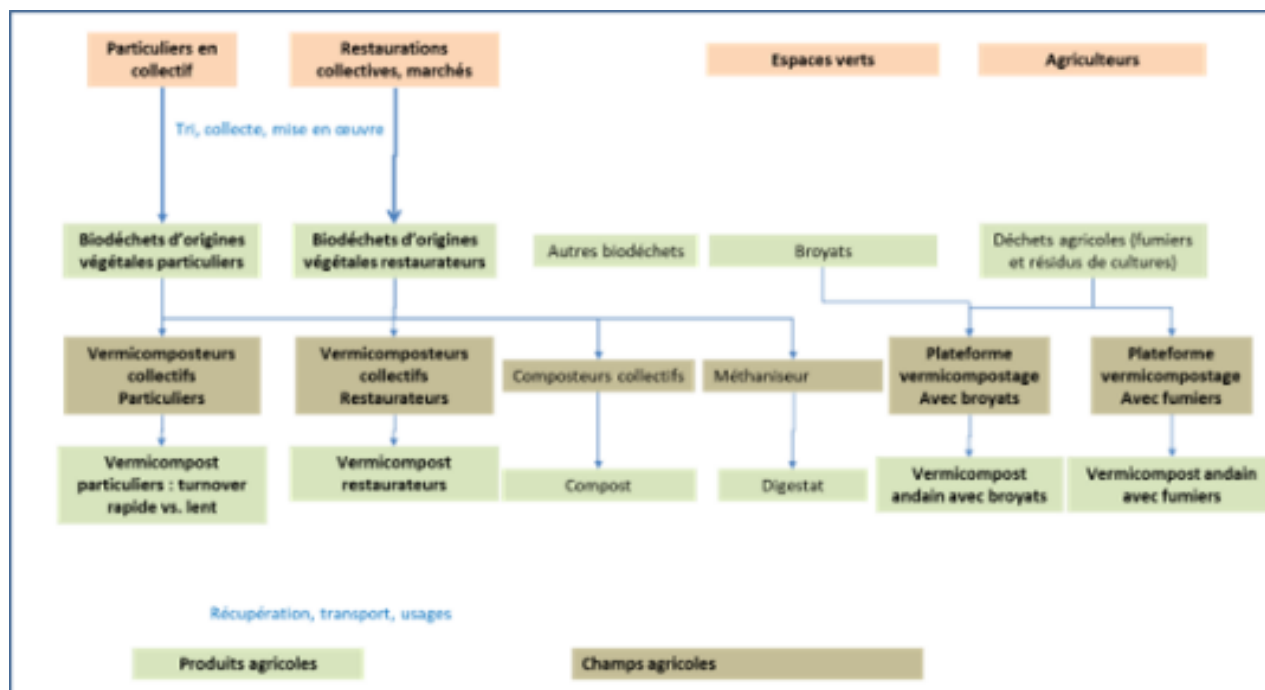


Figure 3 : les filières de traitement des biodéchets sur la métropole de Lyon

Dans le précédent rapport intermédiaire, nous avons longuement caractérisé la filière de vermicompostage (Cf figure 3), et le processus de vermicompostage collectif. L'ensemble des résultats de la caractérisation des processus de vermicompostage a donné lieu à un livrable : (1) **L 2.1.2** un guide technique du vermicompostage collectif (disponible sur le site du projet) à destination des utilisateurs finaux (collectivités, citoyens, etc.) et en cours (2) **L 2.1.3** un guide technique du vermicompostage agricole, qui a comme objectif de focaliser sur l'utilisation de biodéchets (car il existe de nombreux guides pour le vermicompostage avec des produits d'origine agricole), en cours de réalisation. Nous avons déjà abordé la problématique de ces guides qui pour le moment ne mentionnent pas l'ADEME en raison de problèmes réglementaires (évoqués dans le guide).

Ainsi, dans ce présent rapport nous allons présenter les résultats acquis sur l'analyse des flux de matière et l'évaluation des émissions de Gaz à Effet de Serre des différentes filières : compostage collectif pied d'immeuble, compostage plateforme, vermicompostage collectif et vermicompostage plateforme. Le travail n'a pas été effectué sur la filière méthanisation, la production de gaz étant une sortie espérée de ce type de traitement.

3.2.1.1. Estimation des gisements de biodéchets

Origine du gisement	Gisement [t/an]
Ménages	83 802
Marchés	5 600
Végétaux parcs et jardins	161
Déchetteries fixes et mobiles	24 639
Sous-total : biodéchets gérés par le Grand Lyon	114 202
Restauration	12 700
Exploitations agricoles	38 000
Industries agroalimentaires	4 600
Commerces alimentaires	6 600
Total biodéchets	176 102

Figure 4 : Estimation des gisements de biodéchets sur la métropole de Lyon (issu d'enquêtes) - 2021

Au total, nous avons estimé un gisement de 114 202 tonnes de biodéchets gérés par la Métropole de Lyon, et pour les ménages sur lesquels nous baserons nos calculs **de 83 802 t/an** (73, 4 %).

3.2.1.2. Méthode d'évaluation des GES

Nous sommes repartis des travaux précédents sur la caractérisation des filières de traitement des biodéchets (Cf. Rapport intermédiaire 1) pour choisir les filières à évaluer. Ainsi nous allons comparer : (1) le compostage en plateforme avec collecte des biodéchets dans des bornes, tel qu'il est expérimenté sur la métropole de Lyon (Cf analyse lot 4) ; (2) le vermicompostage en plateforme avec collecte des biodéchets dans des bornes, issu de projection et estimation car actuellement pas mis en œuvre sur la métropole, (3) le compostage collectif en pied d'immeuble et (4) le vermicompostage collectif en pied d'immeuble. Ces deux dernières filières sont mises en œuvres ponctuellement sur la métropole par des associations ou collectifs d'habitants. La figure 5 illustre les installations pour chaque filière.

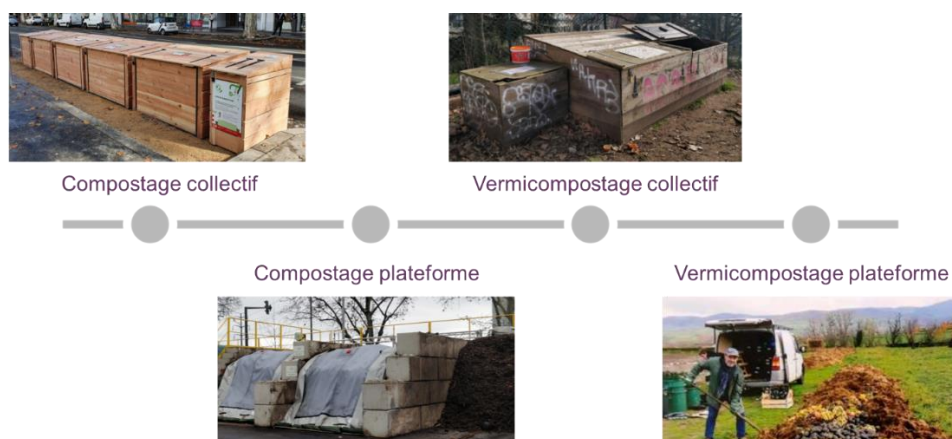


Figure 5 : les 4 filières de traitement de biodéchets retenues pour estimer les bilans GES dans notre étude

Nous avons identifié pour chaque filière les postes d'émissions, et avons décidé d'évaluer ces derniers pour les trois scopes : scope 1 'émissions GES directes liées au processus naturel de compostage/vermicompostage, aux activités de collectes et à la manutention et nettoyage lors du traitement' ; scope 2 'Emissions GES liées à la consommation d'électricité du mécanisme de compostage/vermicompostage (broyeur, presse, mélangeur, chauffage...)' ; scope 3 'Emissions de GES liées aux achats de produits et services, des installations de collecte et de traitement, du transport de marchandise en aval et à la fin de vie des produits'. Puis pour chaque filière, nous avons identifié les postes d'émissions pour les replacer dans les 3 scopes (Figure 6).

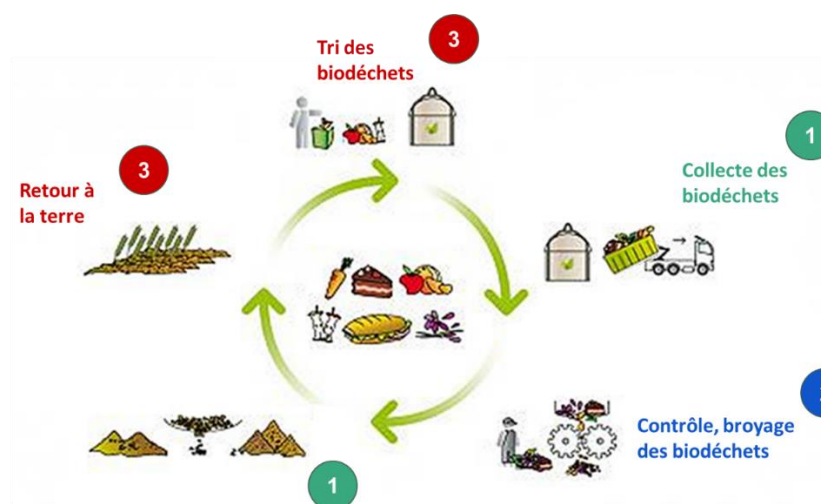


Figure 6 : Postes d'émissions des GES pour les filières analysées et identification des scopes (1, 2 et 3).

3.2.1.3. Elaboration d'un outil d'évaluation des émissions de GES

Afin d'évaluer les émissions de GES, nous avons créé un outil de calcul. Les objectifs de ce dernier sont :

- de comparer les émissions des filières de valorisation des biodéchets entre elles,
- d'obtenir la part de chaque scope dans les Bilans GES de chaque filière de valorisation,
- d'obtenir la part de chaque poste d'émission par scope par Bilan GES,
- d'établir des hypothèses pour effectuer des scénarios sur la masse de biodéchets,
- de modifier la part attribuée à chaque filière pour le traitement du volume de déchets,
- de choisir la prise en compte ou non des émissions naturelles du processus de compostage (CO₂ biogénique, les types de transports utilisés,...)
- de mettre à jour les données, et / ou de changer la source selon la préférence de l'utilisateur

Les données chiffrées pour estimer chaque facteur d'émissions proviennent de données bibliographiques (issues des recherches mobilisées dans l'article de Ducasse *et al.*, 2022 et aussi de référentiels dont celui de l'ADEME) et ont été complétées par des données expertes pour les valeurs manquantes.

Afin d'être le plus précis possible, nous avons pris en compte le CO₂ biogénique. En effet, il existe deux sources principales d'émissions de CO₂ : le CO₂ biogénique et le CO₂ d'origine fossile. Le CO₂ biogénique est le CO₂ contenu dans la biomasse d'origine agricole ou forestière, émis lors de sa combustion ou dégradation, ainsi que celui contenu dans la matière organique du sol. Quelle que soit son origine, biogénique ou fossile, une molécule de CO₂ agit de la même façon sur l'effet de serre. Cependant, contrairement aux énergies fossiles, la biomasse peut se renouveler à l'échelle humaine, avec des cycles plus ou moins longs (cultures annuelles, forêts). Le carbone présent dans la biomasse a été capté lors de la croissance de celle-ci. Ces émissions ne sont généralement pas prises en compte dans les bilans GES en France, car on ne considère que le bilan du CO₂ biogénique capté puis émis est nul. Ainsi nous voulions avoir la possibilité de prendre en compte les émissions de CO₂ biogénique car ils représentent, pour la plupart des filières, le principal poste d'émission. La matière organique humide a en effet un potentiel de dégradation allant de 40 à 70 % qui génère de fortes émissions de CO₂. **Le calculateur permet de prendre en compte ou non le CO₂ biogénique.**

Outre les émissions GES, l'apport de compost/vermicompost est un moyen d'enrichir les sols et d'éviter d'autres émissions de GES par ailleurs. Il peut être utilisé comme amendement organique par ses qualités agronomiques car il contient des quantités intéressantes de N, P et K. A maturation et lors de l'épandage, il permet d'éviter la production d'une partie des engrais nécessaires pour les cultures (Andersen, 2010), et séquestre dans le sol en moyenne 8% du carbone contenu par tonne de déchets fermentés. De ce fait, nous avons évalué le CO₂ évité lors de ces processus, le compost/vermicompost fait également baisser le volume de déchets présents dans les ordures ménagères, et permet donc d'éviter une partie des émissions de GES liées à l'incinération. Ce sont les "émissions évitées" du bilan GES. Ainsi, l'outil proposé permet de calculer le CO₂ évité.

L'interface de l'outil est présentée en figure 7. De par sa construction il permet de répartir des volumes de biodéchets traités par filière pour proposer des scénarios de traitement de biodéchets à l'échelle de la métropole de Lyon. Actuellement cet outil est en cours d'amélioration et ne constitue pas encore un livrable du projet. Nous souhaitons le valoriser sous forme de publication technique.

Choix du scénario										
Cette feuille permet de : - Calculer les émissions de kgCO ₂ e sur plusieurs filières, en précisant les quantités de biodéchets, - Prendre en compte ou non le CO ₂ biogénique, les émissions normales des procédés et les émissions évitées, - Changer le type de véhicule et leur motorisation pour différents usages, ainsi que le type de broyeur.							Cases modifiables en jaune			
Quantité de biodéchets			Emissions (kgCO ₂ e)					Options de calcul A COCHER ! Modifie aussi les feuilles de calcul BGES !	Notes	
	Masse de biodéchets à traiter (tonnes)	Ratio par filière de compostage (%)	Emissions totales	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Emissions évitées	Retirer le CO ₂ biogénique		
Total toutes filières	1200	100%	143053	127074	639	44499	-29160	Retirer les émissions normales du procédé de compost	Le CO ₂ biogénique est ici compté par défaut, mais de façon générale est souvent exclu des calculs des émissions de gaz à effet de serre.	
Compost plateforme	360	30%	87714	66033	639	30761	-9720	Retirer les émissions évitées	Les valeurs des émissions du procédé étant très incertaines, il peut être intéressant de comparer les filières sans celles-ci.	
Vermicompost plateforme	240	20%	11240	7800	0	9920	-6480		Le calcul des émissions évitées est à affiner.	
Compost collectif	360	30%	42898	49928	0	2689	-9720		Il peut être intéressant de comparer les filières sans prendre en compte les émissions liées à la fin de vie des produits vendus, imprécises	
Vermicompost collectif	120	10%	1201	3313	0	1129	-3240			
Autres filières (sans BGES)	120	10%	Non calculé							

Figure 7 : Interface de l'outil mis au point dans le projet VALOR pour calculer les émissions de GES des 4 filières de traitement des biodéchets

3.2.1.4. Résultats des premières estimations d'émissions de GES par filières et postes d'émission

Nous avons fait tourner l'outil pour chaque filière retenue afin de voir où se situe les principaux postes d'émissions de GES.

Compostage en plateforme (Figure 8) : les principaux impacts de la filière compostage en plateforme viennent des émissions : (1) du processus de compostage, (2) de la fabrication de l'engin utilisé sur le site, (3) de la construction du bâtiment et (4) des émissions du véhicule utilisé sur le site. Ainsi, **l'impact principal de la filière de valorisation du compostage en plateforme provient des émissions naturelles du processus de compostage, qui représentent 60% des émissions totales de la filière, hors émissions évitées.**

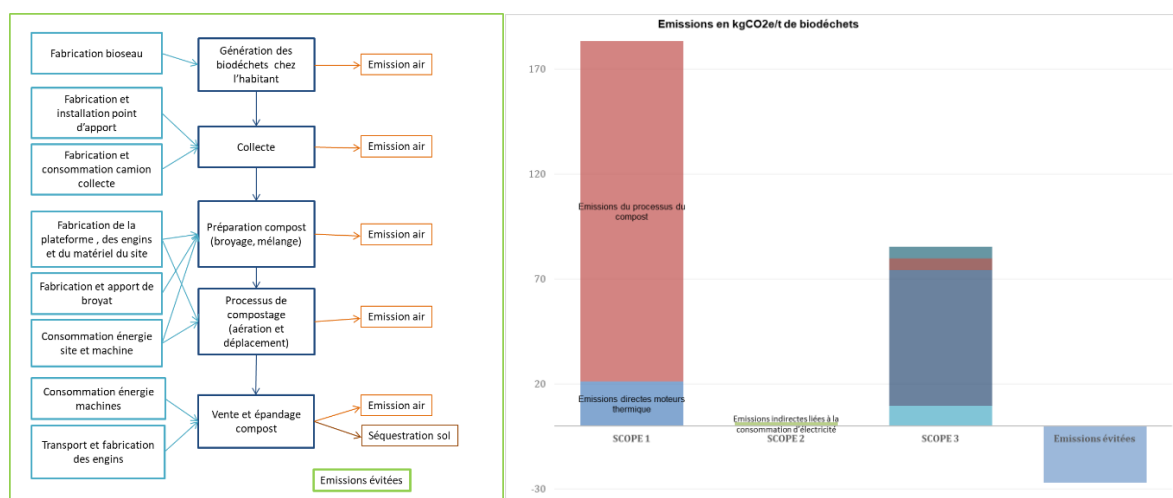


Figure 8 : Principaux postes d'émissions de GES en kgCO₂e / t de biodéchets de la filière Compostage en plateforme.

Vermicompostage en plateforme (Figure 9) : Les principaux impacts de la filière Vermicompostage en plateforme viennent des émissions : (1) du processus naturel de vermicompostage et (2) de la fabrication de l'engin utilisé sur le site. **Le processus naturel de vermicompostage est responsable de 44% des émissions** de la filière. Attention pour cette filière des extrapolations ont été faites car elle n'est pas mise en œuvre sur la métropole de Lyon.

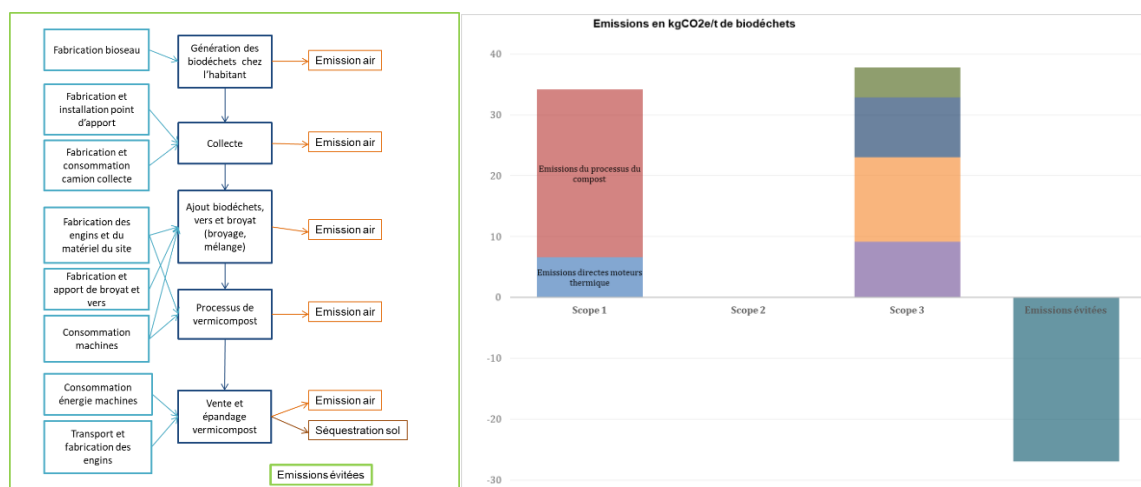


Figure 9 : Principaux postes d'émissions de GES en kgCO2e /t de biodéchets de la filière Vermicompostage en plateforme.

Compostage collectif (Figure 10) : Les principaux impacts de la filière en compostage collectif viennent des émissions du processus de compostage. En effet cette filière ne nécessite pratiquement aucune manutention et transport.

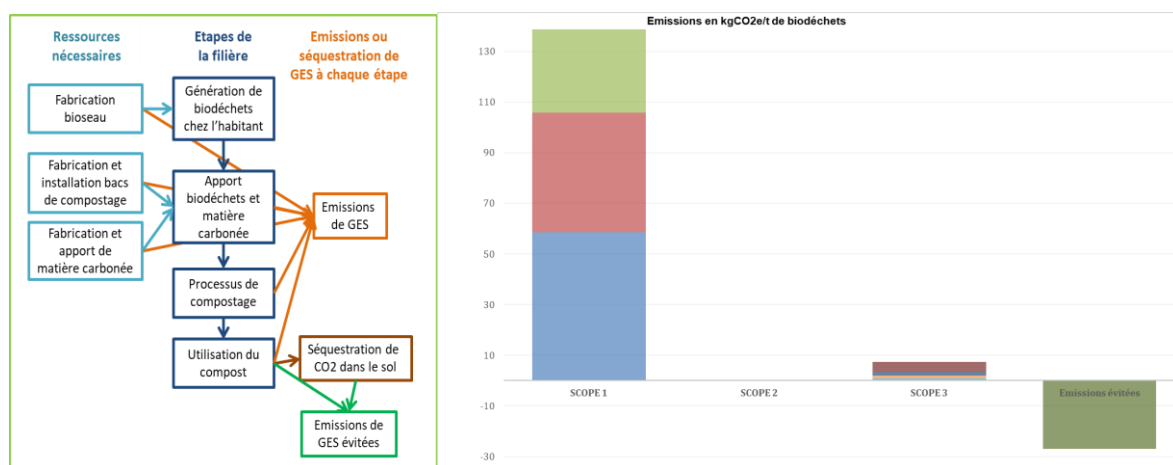


Figure 10 : Principaux postes d'émissions de GES en kgCO2e /t de biodéchets de la filière Compostage collectif

Vermicompostage collectif (Figure 11) : Les principaux impacts de la filière en vermicompostage collectif viennent des émissions du processus de vermicompostage. En effet, comme pour la précédente filière, cette filière ne nécessite pratiquement aucune manutention et transport.

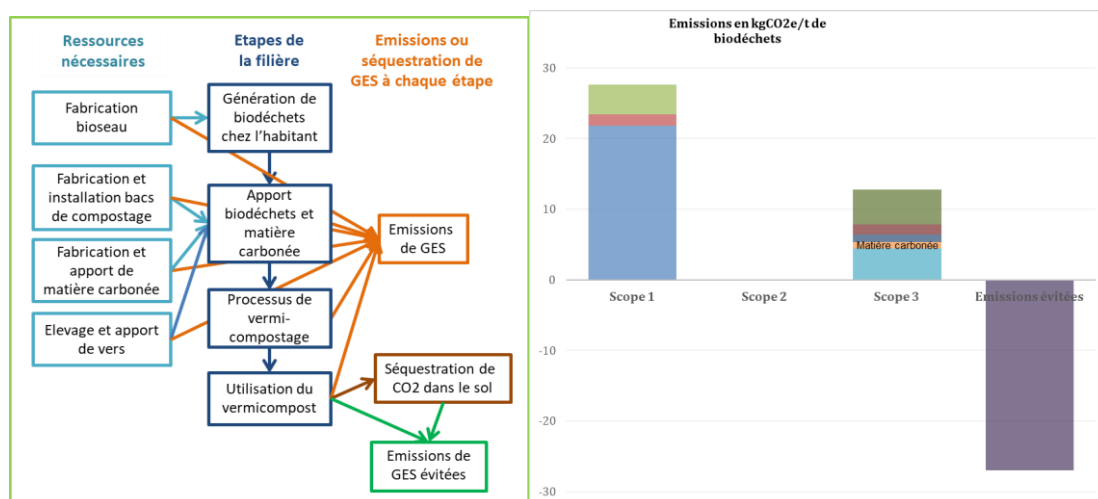


Figure 11 : Principaux postes d'émissions de GES en kgCO₂e /t de biodéchets de la filière Vermicompostage collectif

3.2.1.5. Comparaison des émissions de GES des quatre filières étudiées

La figure 12 illustre la comparaison d'émissions de GES des 4 filières étudiées avec CO₂ évité et la figure 13 illustre la comparaison mais sans CO₂ évité et avec répartition des émissions par scopes 1, 2 et 3.

La filière compostage en plateforme est la plus émettrice de GES. En effet, tant le processus que la collecte et le transport des biodéchets vers la plateforme et du compost sur les parcelles sont sources d'émissions. On retrouve ensuite le compostage collectif en raison des émissions pendant le processus de compostage (la montée en température induit de fortes émissions de GES). Puis, la filière de vermicompostage en plateforme, avec pratiquement 5 fois moins d'émission que le compostage en plateforme en raison du processus beaucoup moins émetteur. Et ainsi logiquement, le vermicompostage collectif émet très peu de GES, étant donné les faibles émissions lors du processus naturel de traitement, de la collecte et du transport.

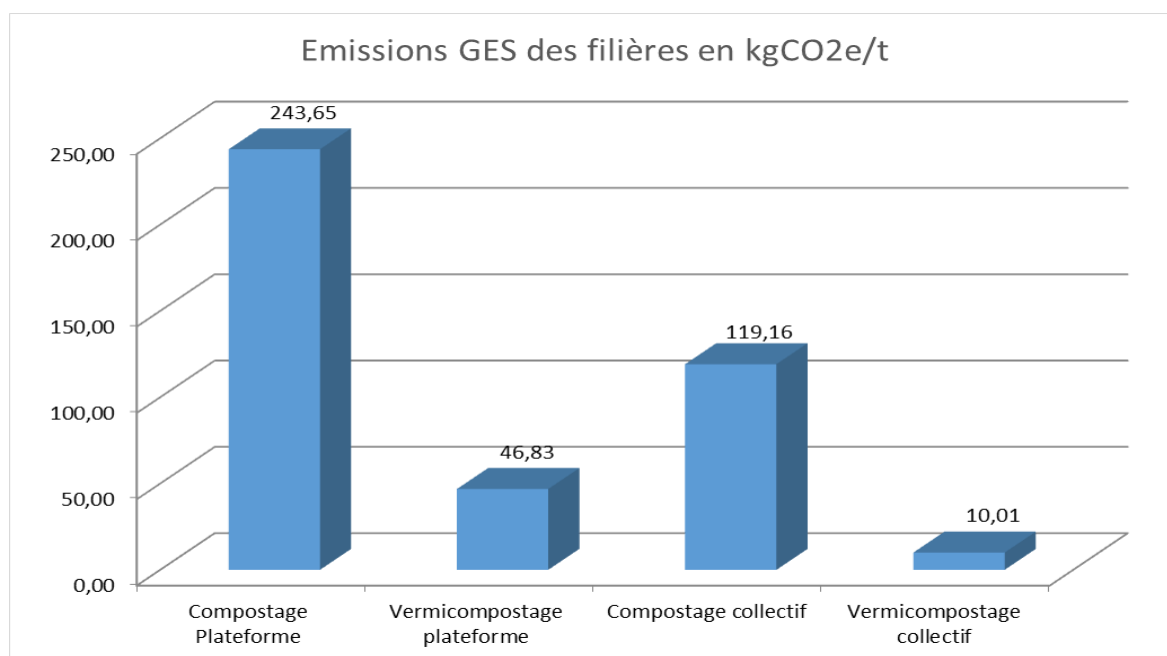


Figure 12 : Comparaison des émissions de GES en kgCO₂e /t de biodéchets avec évitement des 4 filières de traitement des biodéchets : Compostage en plateforme, Vermicompostage en plateforme, Compostage collectif et Vermicompostage collectif.

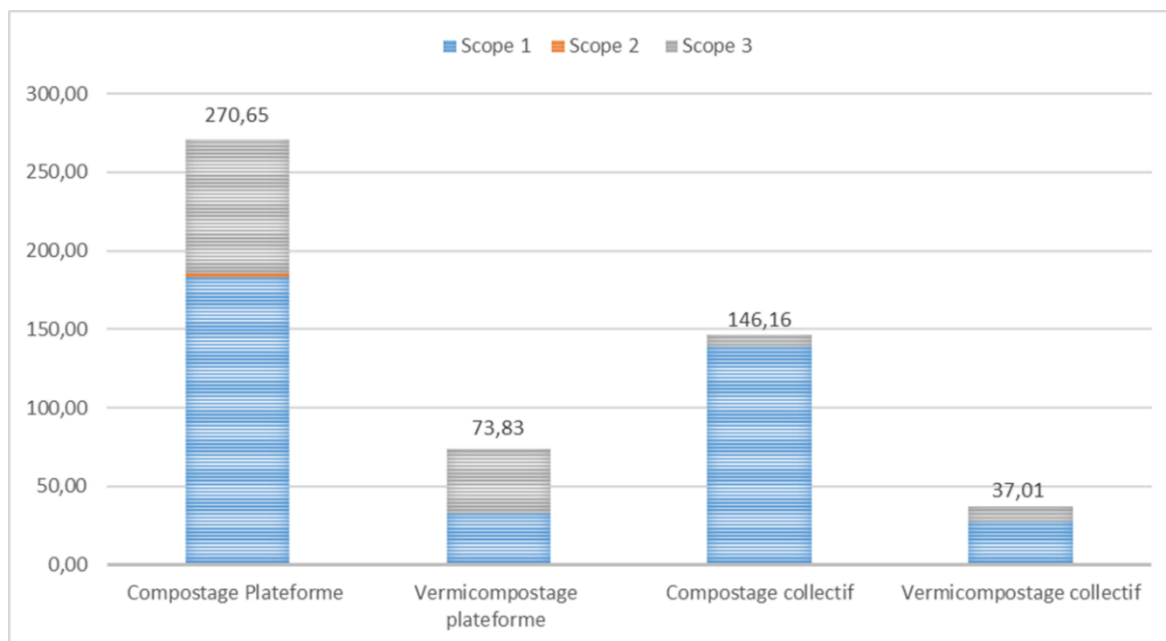


Figure 13 : Comparaison des émissions de GES en kgCO₂e /t de biodéchets sans évitement et avec répartition par scope (1, 2 et 3) des 4 filières de traitement des biodéchets : Compostage en plateforme, Vermicompostage en plateforme, Compostage collectif et Vermicompostage collectif.

Conclusion

Les premiers travaux effectués sur les émissions de GES sont très intéressants. Nous avons produit une méthode et un outil qui permettent d'évaluer l'ensemble des émissions de GES des différentes filières, et ceux par principaux postes d'émissions, en tenant des émissions de CO₂ biogéniques et des pertes évitées. Toutefois nous ne souhaitons pas encore communiquer officiellement ces chiffres car il existe encore de nombreux biais à notre étude : (1) sur les hypothèses pour la collecte des données, où nous devons améliorer et bien valider les gisements estimés et les distances retenues pour le transport, (2) la variabilité des processus naturels en œuvre dans le vermicompostage, où plus de données sont souhaitables pour bien vérifier nos estimations, et (3) l'approche quantitative retenue (facteurs d'émissions) à valider et publier.

3.2.2. Tâche 2.2 Caractérisation sanitaire, agronomique et technique des vermicomposts issus des différentes catégories de vermicompostage

Dans cette tâche, nous avons comme objectif de caractériser la qualité des vermicomposts. Pour cela trois approches ont été retenues : (1) une caractérisation complète de 4 types de vermicompost en lien avec les catégories vues en tâche 2.1 (plateforme agricole avec biodéchets + fumier, plateforme urbaine avec biodéchets et broyat, vermicomposteurs collectifs avec biodéchets et carton, modes lent et rapide) ; (2) un focus sur les qualités agronomique et sanitaire (pathogènes) de vermicomposts collectifs avec 10 analyses (5 lents et 5 rapides) pour étudier la variabilité du produit ; (3) la comparaison de qualité agronomiques et sanitaire de vermicompost collectif avec un compost et un digestat de méthaniseur issus de biodéchets.

Une grande partie de ces travaux a été présentée dans le rapport intermédiaire 1. De plus, nous avons aussi réalisé une revue de la littérature sur la qualité des vermicomposts issus de biodéchets, et une comparaison compost vs vermicomposts. Cette revue a été acceptée : [Ducasse, V., Capowiez, Y., & Peigné, J. \(2022\). Vermicomposting of municipal solid waste as a possible lever for the development of sustainable agriculture. A review. Agronomy for Sustainable Development, 42\(5\), 89.](#)

Dans ce rapport intermédiaire nous présentons le résumé de la comparaison entre vermicompost, compost et digestat (Figure 14). Ce travail a donné lieu à un article scientifique en cours de révision : Amending evaluation of vermicompost, compost and digestate from urban biowaste by combining biochemical, Rock-Eval® thermal analyses and transmission electronic microscopy, **Vincent Ducasse**, ; Françoise Watteau ; Isabelle Kowalewski ; Herman Ravelojaona ; **Yvan Capowiez** ; **Joséphine Peigné**.

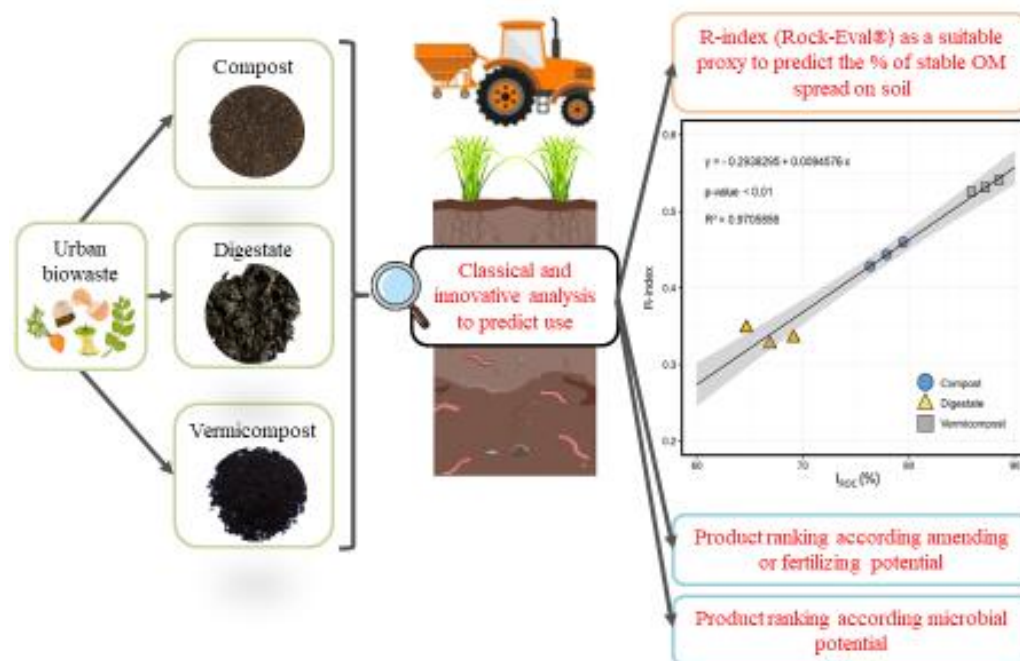


Figure 14 : Méthodologie et principales sorties de la comparaison de trois produits issus de traitement de biodéchets (Ducasse et al., 2023).

Ce travail a conduit d'une part à obtenir une caractérisation très fine des différents produits testés mais aussi un apport méthodologique en comparant des méthodes d'analyse peu connues en agronomie telles que le Rock-Eval® et l'analyse microscopique des matières organiques exogènes, avec des analyses plus classiques (physico-chimiques, ISMO). Ainsi nous trouvons, avec une analyse chimique sur produit sec, 76% de matière organique (MO) pour le compost, 67,2% pour le digestat et 41,7% pour le vermicompost. Pour préciser la composition de la MO dans le sol, nous avons calculé et établi l'Indice de Carbone Organique Récalcitrant (IROC) qui permet de définir une stabilité plus importante pour le vermicompost (87.2%) que pour le compost (77.9%) et le digestat (66.9%). Nous avons complété cette approche par une analyse Rock-Eval® dont l'indice R est corrélé à l'IROC ($R^2=0.97$). Enfin, la microscopie électronique à transmission permet de décrire l'activité biologique microbienne et le stade de décomposition. Les principaux résultats montrent une maturité plus avancée pour le vermicompost (Figure 15), puis le compost et en dernier le digestat.

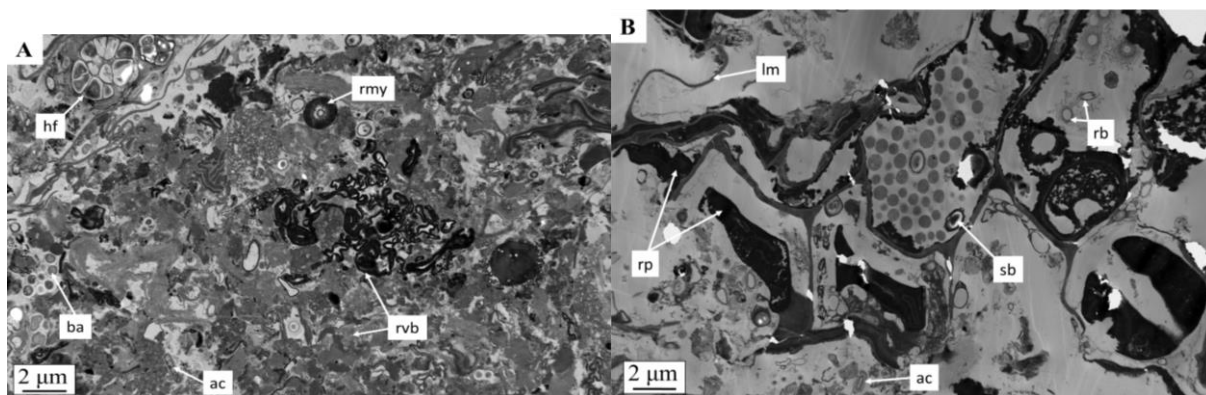


Figure 15 Observation au MET de (A) la fraction fine du vermicompost composée de résidus végétaux à forte activité biologique et de (B) la fraction fine de vermicompost au sein d'agrégats composés de résidus cellulaires contrastés avec ac, actinomycète ; ba, bactéries actives ; hf, hyphes fongiques ; lm, lamelle moyenne ; rb, résidus bactériens ; rmy, résidu mycélien ; rp, résidu polyphénolique ; rvb, résidus végétaux biodégradés (l'ensemble de la matrice est principalement composé de ces résidus) et sb, spore bactérien.

Le tableau 6 synthétise les résultats obtenus par l'ensemble des approches et donnent les prémisses du référentiel de qualité des vermicomposts (L 2.2.1), qui devrait être finalisé d'ici avril 2023 (une fois l'article accepté).

<u>Analyses</u>	<u>Compost</u>	<u>Digestat</u>	<u>Vermicompost</u>
Analyses chimiques (NF U 44-051)	Conforme	Pas de normalisation pour le moment	Taux de MO légèrement inférieur à la norme
Pathogènes (NF U 44-051)	Absents	Absents	Absents
Métaux lourds (NF U 44-051)	Conforme	Conforme	Conforme
Composés traces org. (NF U 44-051)	Conforme	Conforme	Conforme
Indice stabilité matière organique (ISMO)	77.90 ± 1.57 b	66.90 ± 2.22 c	87.20 ± 1.30 a
Microscope électronique	Valeur amendante moyen long terme, dégradation partielle	Micro-organisme = nécromasse Très forte valeur fertilisante	Valeur fertilisante à court terme + état de décomposition très avancé (stockage long terme) + très forte activité biologique
Rock-Eval	Carbone labile > Carbone stable	Carbone labile majoritaire	Autant de carbone stable que de carbone labile

Tableau 6 : synthèse des analyses de qualité des composts, digestats et vermicomposts étudiés dans le projet VALOR

Conclusion

Nous confirmons les résultats présentés dans le premier rapport intermédiaire : des produits (vermicompost, compost et digestat) différents en termes de qualité. Avec une conclusion issue de l'ensemble de nos analyses (chimique, physique et biologique) : (1) tous les produits sont aux normes ; (2) les effets potentiels au champs sont différents avec un effet fertilisant pour le digestat, amendant à moyen/long terme pour le compost et fertilisant et amendant pour le vermicompost avec un degré de stabilité de la MO plus avancé que les autres produits. Ces différences sont, d'une part, liées aux intrants carbonés associés aux biodéchets (différents suivant les processus pour respecter les équilibres entre le C et le N propres à chaque processus), et d'autre part les traitements (montée en température avec le compost, fermentation avec le digestat et dégradation biologique avec le vermicompost).

3.3. Lot 3 ‘Evaluation agroécologique du vermicompost’

Les deux sites d’essai ont été mis en place : à Saint Joseph en mars 2020 et à Genay en octobre 2020, avant le démarrage du projet VALOR. Pour rappel sur le site de Saint Joseph, nous avons mis 15 t/ha de compost et vermicompost (et un témoin sans apport), pratique des agriculteurs en général, cet apport sera le seul de l’essai.

Sur le site de Genay nous avons revu la méthodologie : nous avons amené les trois produits sur une base d’équivalent azote, soit 60 unité de N/ha par produit (vermicompost, compost et digestat), 120 unités par produit (seulement compost et vermicompost) et un témoin. Les produits ont été épanchés avant un orge d’hiver, les doses ont été choisies suivant les pratiques des agriculteurs en AB, avec une dose basse (60) et une haute (120) en octobre 2020, et de nouveau en octobre 2021 avant un blé d’hiver (ajustement des doses basse à 80 kg de N/ha et haute à 160 kg de N/ha). Entre l’orge et le blé, une culture de sarrasin a été implantée comme culture dérobée (donc normalement récoltée). Tous les produits amenés ont été analysés et caractérisés (Cf lot 2) préalablement par rapport aux normes en vigueur. **Dans ce rapport intermédiaire 2, nous présentons les résultats de 2002 pour le blé et des résultats compilés depuis le début du projet sur les services écosystémiques sur le site de Genay**

3.3.1. Tâche 3.1 Essai agronomique ‘Le vermicompost comme amendement ou fertilisant en AB’ – site de Genay

Rotation : orge (2020-21) – sarrasin (en dérobée) – blé (2021-2022) - couvert végétal

Comme mentionné en introduction de cette section, il y a 6 modalités sur cet essai : vermicompost (60 N/ha 2020-80 N/ha 2021), vermicompost (120 N/ha 2020-160 N/ha 2021), compost (60 N/ha 2020-80 N/ha 2021), compost (120 N/ha 2020-160 N/ha 2021), digestat (60 N/ha 2020-80 N/ha 2021), et témoin (sans apport de N).

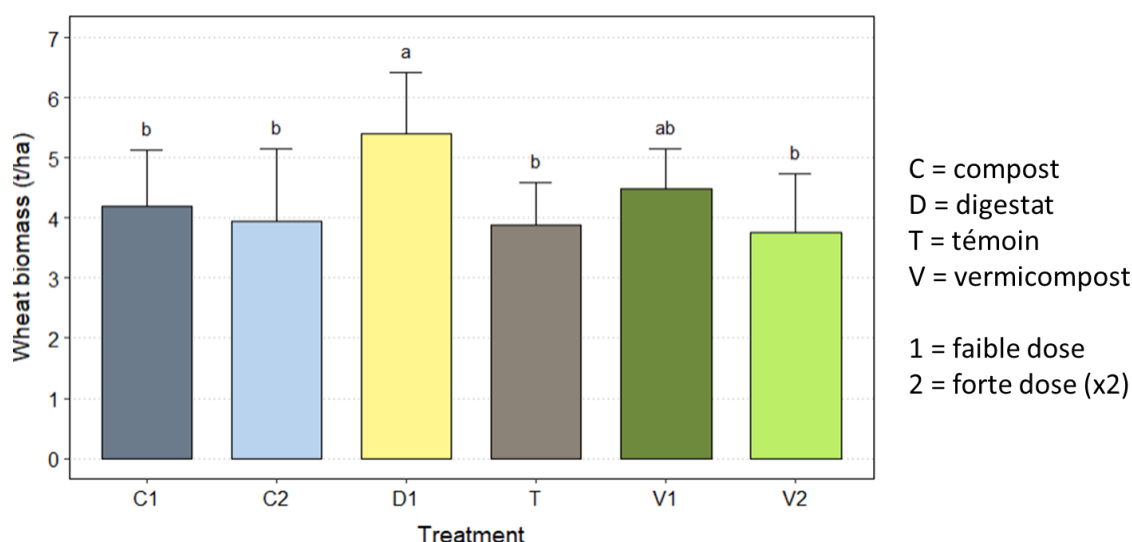


Figure 16 : Rendement en biomasse totale (t/ha) du blé d’hiver – site de Genay 2022

Nous retrouvons une bonne performance pour le digestat en termes de rendement (en biomasse t/ha), en lien avec l’effet fertilisant démontré dans le lot 2 (Figure 16). Le vermicompost tend à se différencier entre le digestat et le compost, car ce produit se situe à l’interface d’un produit amendant et un produit fertilisant. Toutefois, cela est moins marqué qu’avec l’orge de 2021, et de façon peu compréhensible pour la dose la plus élevée (V2). Le compost apporte peu d’éléments fertilisants d’où aucun effet sur les rendements. Des analyses sont en cours pour évaluer le devenir de l’azote dans les sols et la plante sur le deux années d’essai, cela permettra d’expliquer ces valeurs.

Deux livrables sont prévus en 2023, sous forme d’article scientifique (L 3.1.1) et de référentiel (version vulgarisée de l’article) (L.3.1.2).

3.3.2. Tâche 3.2 Essai agroécologique ‘Evaluation des services écosystémiques des sols recevant du vermicompost’

Cette tâche se concentre sur le site de Genay, où l’ensemble des mesures physiques, chimiques et biologiques ont été effectuées en 2021 et 2022. Nous sommes en train de finir les prélèvements et analyses de l’hiver 2022-2023. Dans ce rapport intermédiaire nous présentons des données sur la biodiversité des sols et sur le service de rétention en eau du sol.

Effet sur les Collemboles

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un master 2 en écologie par Guillaume Blin, codirigé par Vincent Ducasse et Joséphine Peigné. Les principaux résultats montrent que l'abondance des collemboles est influencée par l'apport de matière organique exogène quel que soit le type de matière. En effet, sur la figure 17, nous observons un décrochage du témoin après deux ans d'apport (Blin, 2022).

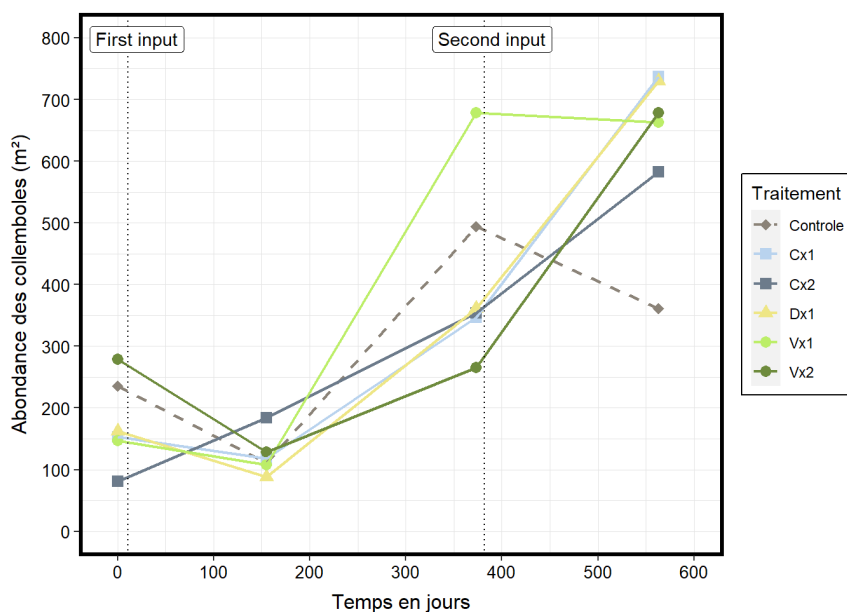


Figure 17 : Abondance des collemboles à 4 dates de prélèvements suivant les apports de compost (deux doses), vermicomposts (deux doses) et digestat (une dose), en comparaison du contrôle (pas d'apport).

En faisant un zoom sur la dernière date de prélèvement (Figure 18), il n'y a aucune différence statistique entre modalités bien que nous observons de nouveau une tendance à plus de collemboles dans les modalités avec apport comparées à la modalité sans apport (contrôle).

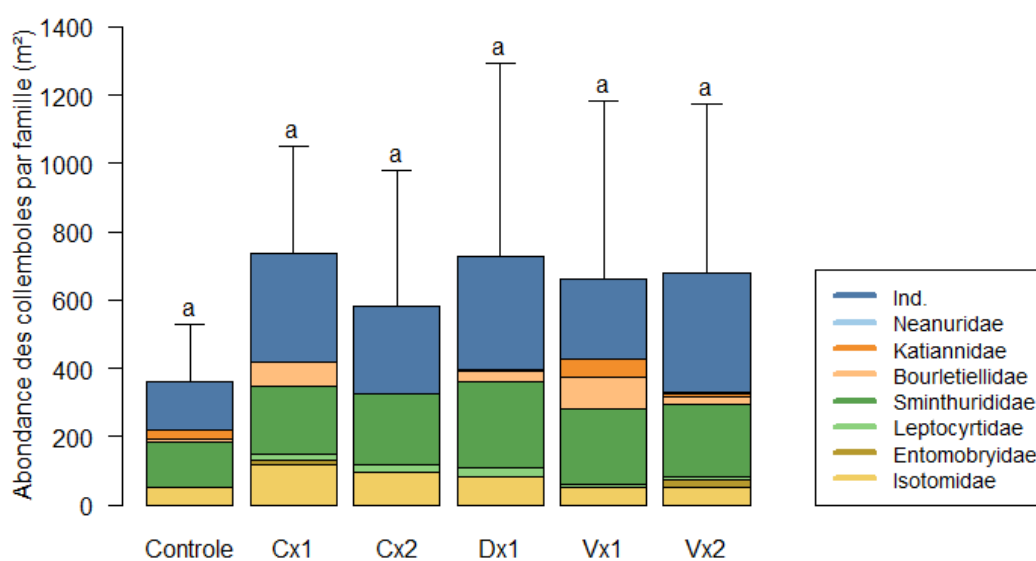


Figure 18 : Abondance des collemboles au printemps 2022 suivant les apports de compost (deux doses), vermicomposts (deux doses) et digestat (une dose), en comparaison du contrôle (pas d'apport).

Effet sur la mésofaune du sol

En complément des travaux sur les collemboles, nous avons recensé différentes espèces de la mésofaune du sol (Figure 19). De nouveau, nous ne voyons pas d'effet significatif des différents produits sur ces organismes du sol, et ici aucune tendance à plus de mésofaune avec apport comparé à la modalité sans apport (contrôle).

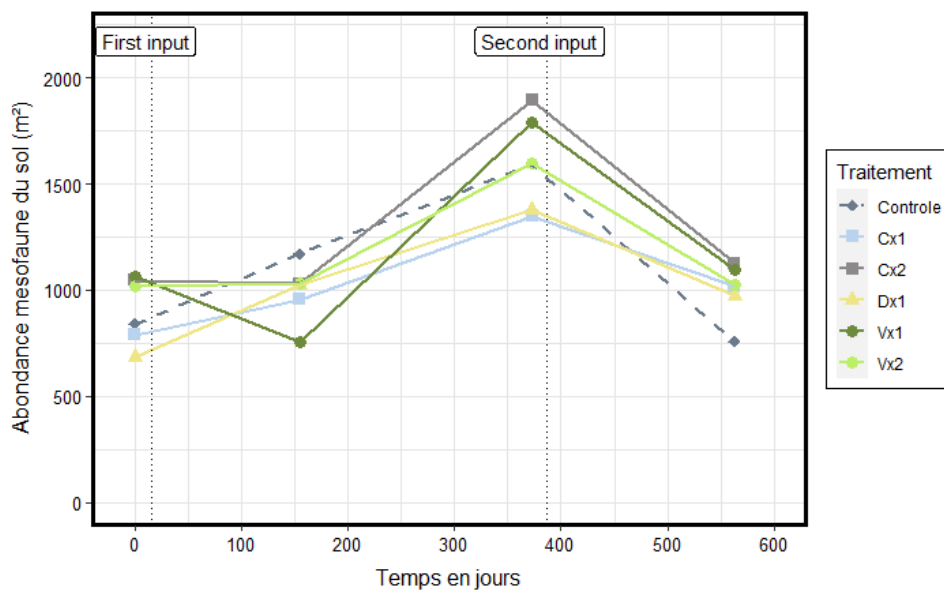


Figure 19 : Abondance des collemboles à 4 dates de prélèvements suivant les apports de compost (deux doses), vermicomposts (deux doses) et digestat (une dose), en comparaison du contrôle (pas d'apport).

Effet sur les vers de terre

Une analyse utilisant un modèle mixte a permis de voir l'effet des apports de produits sur l'abondance de vers de terre sur la durée de l'expérimentation. Les résultats montrent que le vermicompost à forte dose a engendré une augmentation significative de l'abondance des lombriciens adultes (pérennisation des communautés) par rapport au témoin et aux composts (Figure 20). Les abondances lombriciennes mesurées dans les modalités digestat et vermicompost à faible dose sont supérieures à la modalité contrôle, mais pas aux deux modalités composts. Et étonnement, les modalités avec du compost (faible et forte doses) ne sont pas statistiquement différentes du contrôle sans apport.

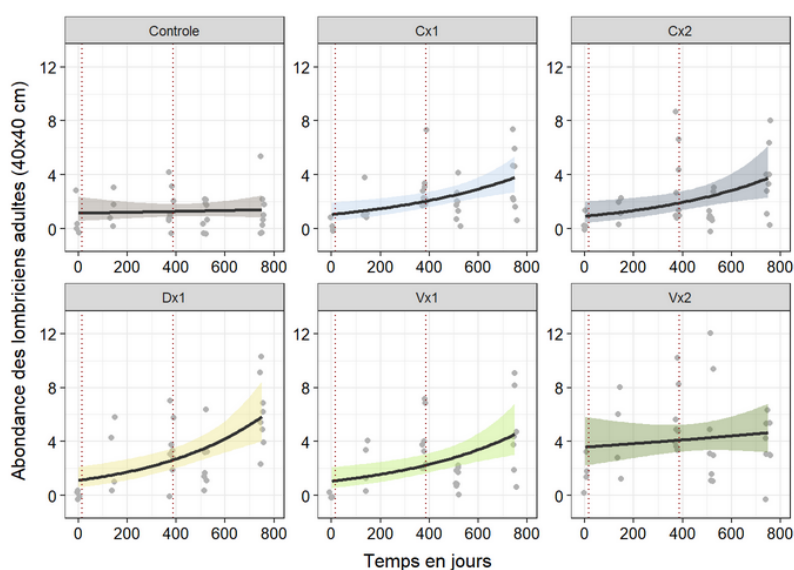


Figure 20 : Modélisation de l'abondance des vers de terre sur l'expérimentation (modèle mixte négative binomial)

Quand on s'intéresse à la dernière date de prélèvements après 2 ans d'apports, les 2 modalités vermicomposts et la modalité compost forte dose présentent des biomasses de vers de terre supérieures au témoin (Figure 21). Les modalités compost faible dose et digestat ne sont pas significativement différentes du contrôle.

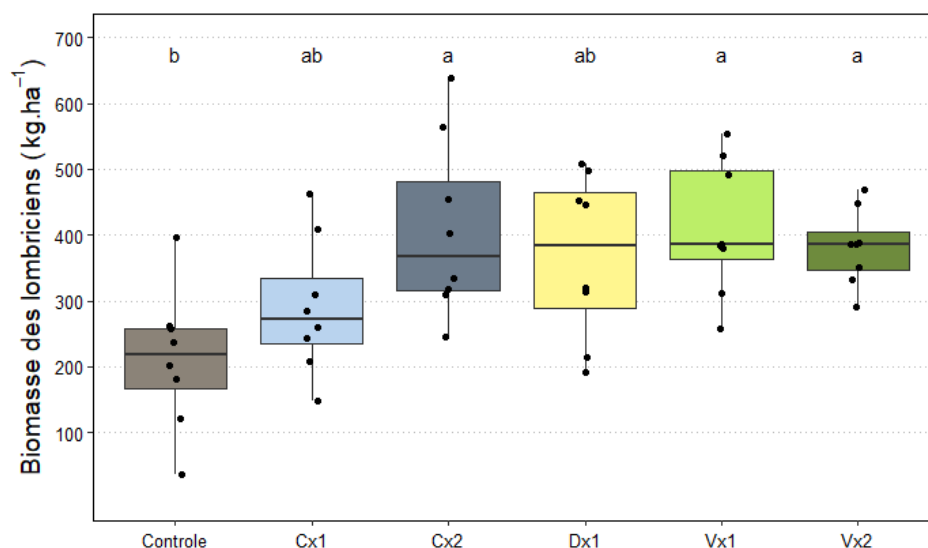


Figure 21 : Biomasses lombriciennes en kg/ha en octobre 2022 (dernière date de prélèvement) mesurées dans les modalités avec apports (Compost faible dose, Compost forte dose, Digestat faible doses, Vermicompost faible dose et Vermicompost forte dose) et la modalité contrôle sans apport.

Les résultats sont sensiblement différents quand on regarde l'abondance lombricienne, avec toujours plus de lombrics dans les 2 modalités vermicomposts comparées au contrôle. Mais aussi plus d'individus dans la modalité digestat comparé au contrôle, et aucune différence significative pour les modalités composts (Figure 22).

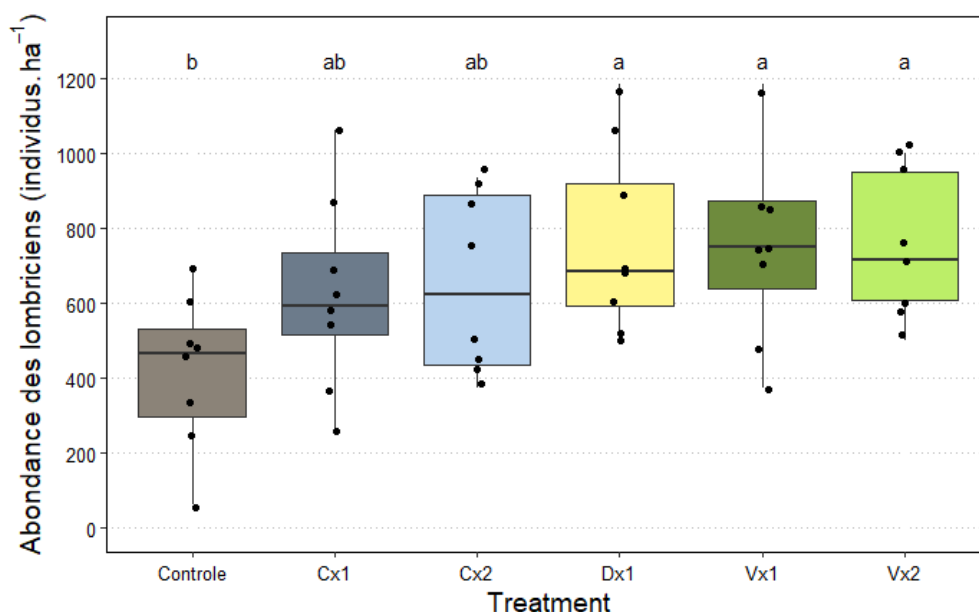


Figure 22 : Abondances lombriciennes en nombre d'individus/ha en octobre 2022 (dernière date de prélèvement) mesurées dans les modalités avec apports (Compost faible dose, Compost forte dose, Digestat faible doses, Vermicompost faible dose et Vermicompost forte dose) et la modalité contrôle sans apport.

Cette expérience de deux ans montre que le vermicompost (quelle que soit la dose) augmente la biomasse des vers de terre. En effet, le modèle linéaire généralisé montre que le vermicompost favorise le développement d'une population pérenne de vers de terre (abondance et biomasse) sur les deux ans. Le compost lui n'a un effet qu'au bout de deux ans d'expérimentations sur le développement de la population lombricienne. Le digestat a un effet seulement à court terme sur la biomasse lombricienne.

Effet sur la rétention en eau

Pour le moment, nous n'observons pas de différence significative en termes de densité apparente entre modalités (données non montrées), ce qui joue aussi sur l'absence de différence en termes de rétention en eau des sols (Figure 23).

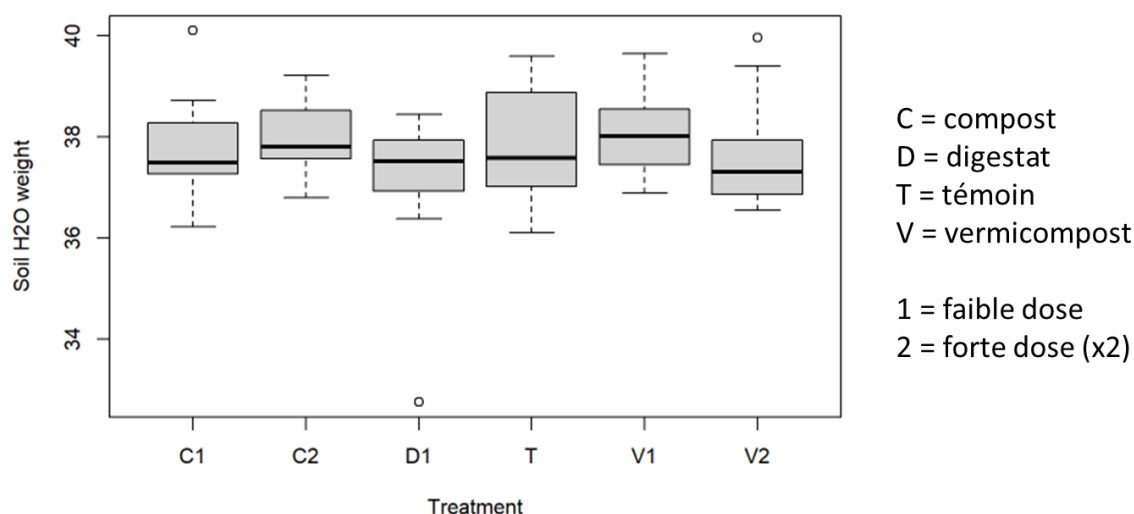


Figure 23 : Rétention en eau des sols en octobre 2022 (dernière date de prélèvement) mesurées dans les modalités avec apports (Compost faible dose, Compost forte dose, Digestat faible doses, Vermicompost faible dose et Vermicompost forte dose) et la modalité contrôle sans apport.

Après deux années d'expérimentation, des résultats intéressants se dessinent :

- Seul le digestat permet d'augmenter les rendements des cultures, ce qui est cohérent avec son aspect fertilisant démontré dans le lot 2 sur la caractérisation des produits.
- L'apport de matière organique a tendance à améliorer la fertilité biologique comparé au contrôle, ce qui est logique et attendu. Par contre les effets entre types de produits sont très légers, avec le vermicompost qui améliore les populations lombriciennes sur la durée mais pratiquement aucune différence pour les autres organismes du sol étudiées. Une explication est à chercher dans la caractérisation de ce produit (Cf. lot 2), assez stable d'un point de vue de la MO mais actif d'un point de vue biologique (fournisseur d'énergie aux organismes du sol).
- Les apports n'ont pas eu d'effet sur la fertilité physique du sol en deux ans d'expérimentation.

Nous expliquons ces légères différences entre produits, et parfois entre apport et sans apport de MO par les doses apportées. En effet nous nous sommes placés en conditions 'réelles' avec des apports d'azote raisonnés pour les cultures en AB. Cela a conduit à finalement des apports assez 'faibles' de carbone dans les sols (de l'ordre de 0,5 à 1,1 t/ha, sauf dernière année avec forte dose), ce qui limite l'amélioration rapide des composantes biologiques et surtout physiques du sol. Toutefois les tendances sont intéressantes et plaident pour réaliser des essais long terme pour voir si les tendances s'accroissent ou pas.

Conclusion

Les travaux sur les lombrics ont été valorisés dans un colloque scientifique (abstract et poster), ce qui constitue le livrable L.3.2.1 (disponible sur le site internet). Toutefois, des résultats sont encore à venir (campagne hiver 2022-23 en cours) tant sur le sol (dont activité microbiologiques), que sur les performances agronomiques et environnementales (analyse de l'azote). Ces résultats seront valorisés dans un article de synthèse des travaux en 2023 (en cours de préparation) et donneront lieu au référentiel sur les services écosystémiques (livrable L 3.2.2).

3.4. Lot 4 ‘Evaluation socioéconomique des filières de vermicompostage sur le territoire modèle’

Nous avons dans un premier temps défini les modèles et cadres d’analyse de filières de vermicompostage (Cf. rapport intermédiaire 1). Ainsi, suite à des revues de la littérature, des entretiens préliminaires d’acteurs du vermicompostage et compostage, des discussions dans le groupe projet (sous la forme d’atelier), nous avons défini des modèles de filières de vermicompostage (Cf rapport intermédiaire 1). **De ces modèles nous avons retenus deux grands modèles à étudier qui d’une part étaient mis en place et où des données étaient disponibles, et d’autre part constituent les deux grands types de modèle vis-à-vis de la collecte et des processus de traitement (Figure 24), soit : (1) le modèle dit Grand Lyon de compostage industriel en plateforme par collecte de biodéchets en borne ; (2) le modèle dit Eisenia de vermicompostage collectif en pied d’immeuble.**

Une première analyse a été conduite sur ces deux modèles, issue des travaux Madison Le Masson en stage de master 2 au laboratoire EVS de 6 mois financé par Valor, des travaux de P. Grieb dans le cadre du master VEU et d’un voyage d’études effectué à Pontevedra en Espagne en juin 2022 par les partenaires du projet impliqués dans le lot 4 (Muriel Maillefert, Madison Le Masson, Pierre Ulrich, Camilo Franco Baretto). Les objectifs de l’analyse sont de : (1) comprendre l’organisation de différentes filières sur la Métropole (en particulier le vermicompostage tel que pratiqué par Eisenia et le modèle de collecte centralisé en déploiement sur Lyon 7), (2) décrire le modèle de fonctionnement, (3) analyser les jeux d’acteurs, les coordinations et (4) mettre en évidence des premiers éléments de comparaison. Ces travaux rentrent dans la Tâche 4.1 Analyse territoriale des filières de vermicompostage collectif et pour partie dans la Tâche 4.2 Détermination des enjeux socio-économiques des filières de vermicompostage collectif. En effet une première analyse des coûts et bénéfices a été initiée, mais elle ne sera pas présentée dans ce rapport car les résultats ont besoin d’être revus et validés.



Figure 24 : les deux grands types de traitement des biodéchets suivant l’échelle de gestion de proximité

3.4.1. Tâche 4.1 Analyse territoriale des filières de traitement des biodéchets

Les résultats de l’analyse territoriale des filières de traitement des biodéchets reposent sur les données collectées lors d’entretiens semi-directifs avec les acteurs, 7 entretiens menés (Grand Lyon, Eisenia, Habitant.e.s, bailleurs sociaux...). De plus, des observations participatives avec l’association Eisenia (immersion sur le terrain) ont été organisées, soit 18 temps d’observation (activités Givors, entretien lombricomposteurs, formation Eisenia, visites pédagogiques ferme des USA, visites lors de journées organisées par des habitants...). Pour analyser en détail le modèle Grand Lyon sur le compostage en plateforme, 2 Visites d’entreprise chez Racine, et Les Alchimistes ont été réalisées. Enfin, le voyage d’étude à Pontevedra en Espagne sur leur expérimentation de compostage collectif organisé centralement par la métropole permet d’extrapoler et confirmer des résultats trouvés dans notre territoire et pistes de déploiement (CF Lot 5). Pour rendre compte d’une partie des résultats, nous avons utilisé des outils méthodologiques de type cartographie des jeux d’acteurs et des coordinations.

Analyse du modèle décentralisé de vermicompostage collectif porté par l’association EISENIA

Les figures 25, 26 et 27 illustrent l’analyse de la filière de vermicompostage collectif à travers les étapes de la filière (Figure 25), les acteurs et jeux d’acteurs concernés (Figure 26) et enfin les coordinations de la filière (Figure 27).

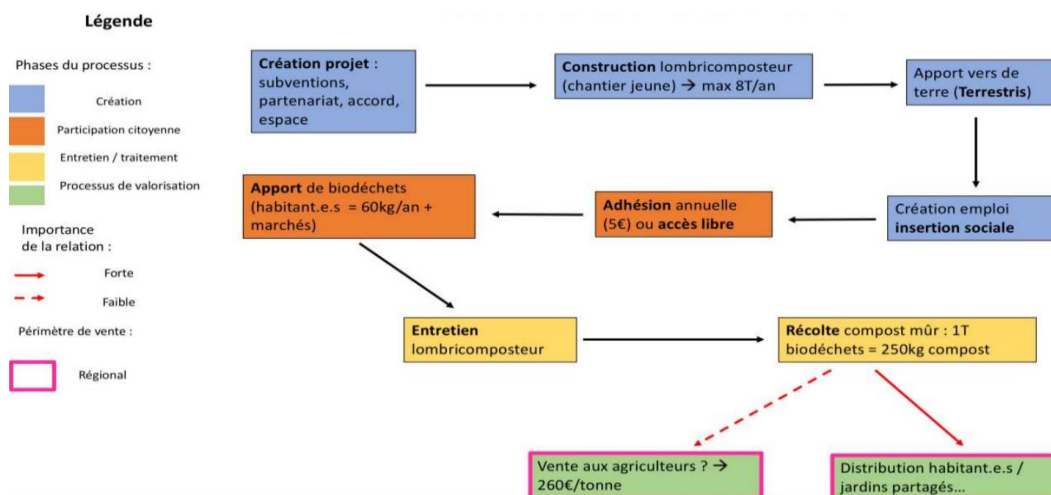


Figure 25 : étapes de la filière vermicompostage collectif

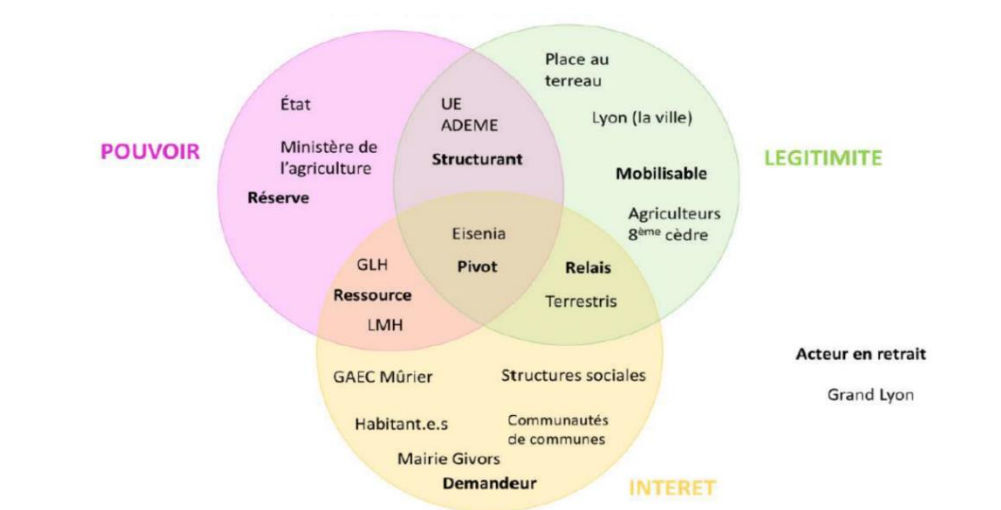


Figure 26 : jeux d'acteurs de la filière vermicompostage collectif

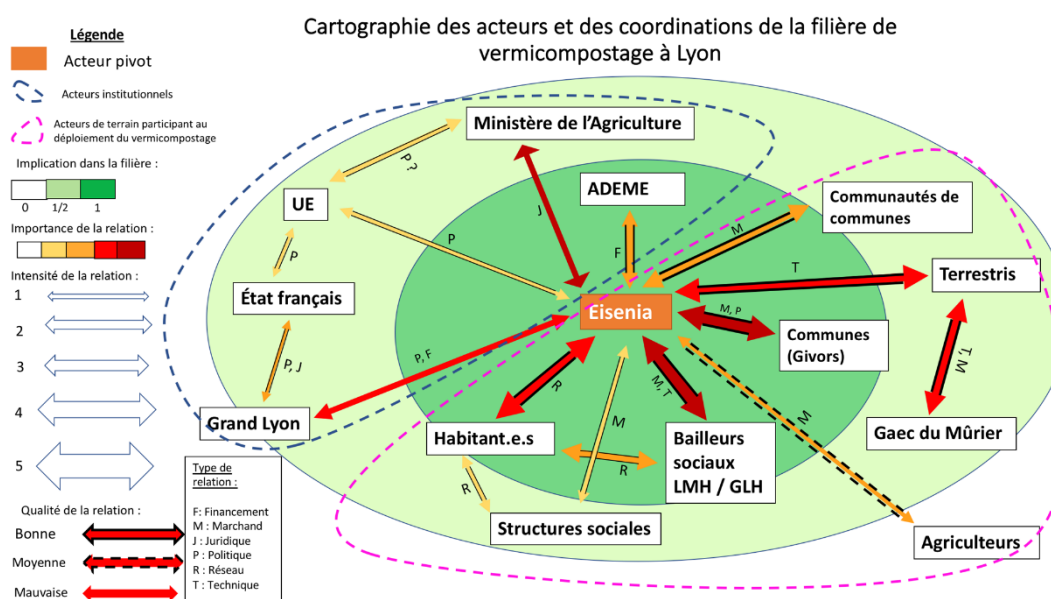


Figure 27 : Cartographie des acteurs et des coordinations de la filière vermicompostage collectif

Le vermicompostage collectif se caractérise ainsi par :

1. Une filière gérée professionnellement qui se distingue du modèle associatif classique,
2. Un modèle de fonctionnement décentralisé, local et participatif (chantier jeune, création d'emplois locaux, libre accès, redistribution du vermicompost),
3. Une forte sensibilisation aux enjeux de réduction de production de biodéchets, et donc une réduction du gaspillage alimentaire,
4. La création de lien social entre habitant.e.s autour de problématiques écologiques ,
5. Une filière organisée autour d'acteurs de terrain,
6. Une gestion des biodéchets des marchés à développer en favorisant le glanage, la valorisation des biodéchets issus d'inventus.

Analyse du modèle centralisé et industriel de compostage en plateforme porté par le Grand Lyon

Les figures 28, 29 et 30 illustrent l'analyse de la filière de compostage en plateforme à travers les étapes de la filière (Figure 28), les acteurs et jeux d'acteurs concernés (Figure 29) et enfin les coordinations de la filière (Figure 30).

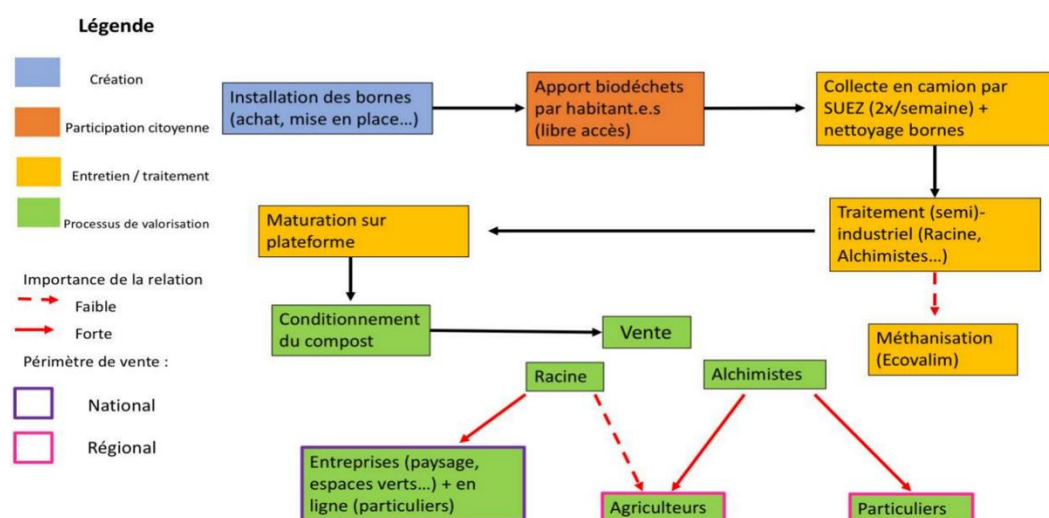


Figure 28 : étapes de la filière compostage en plateforme

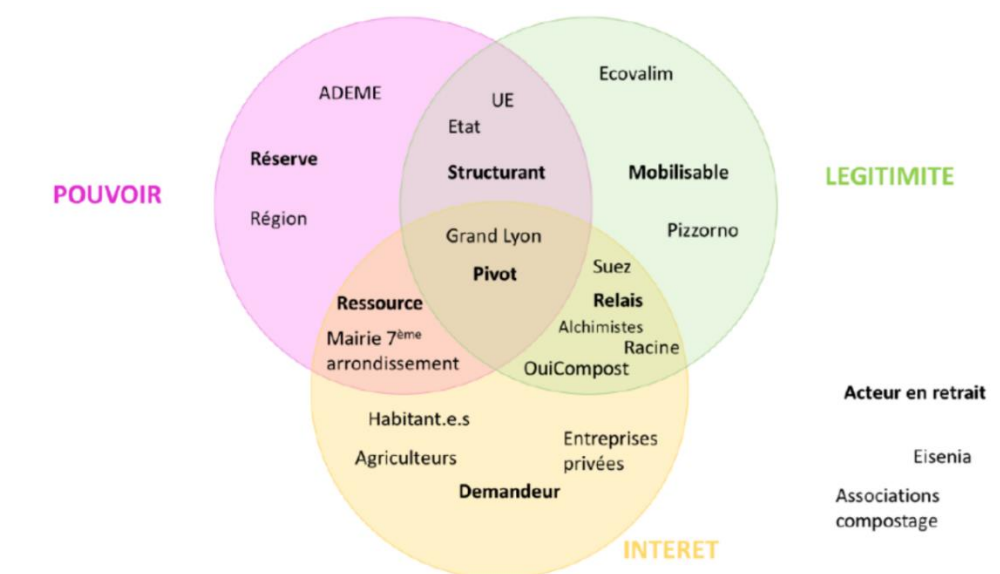


Figure 29 : jeux d'acteurs de la filière compostage en plateforme

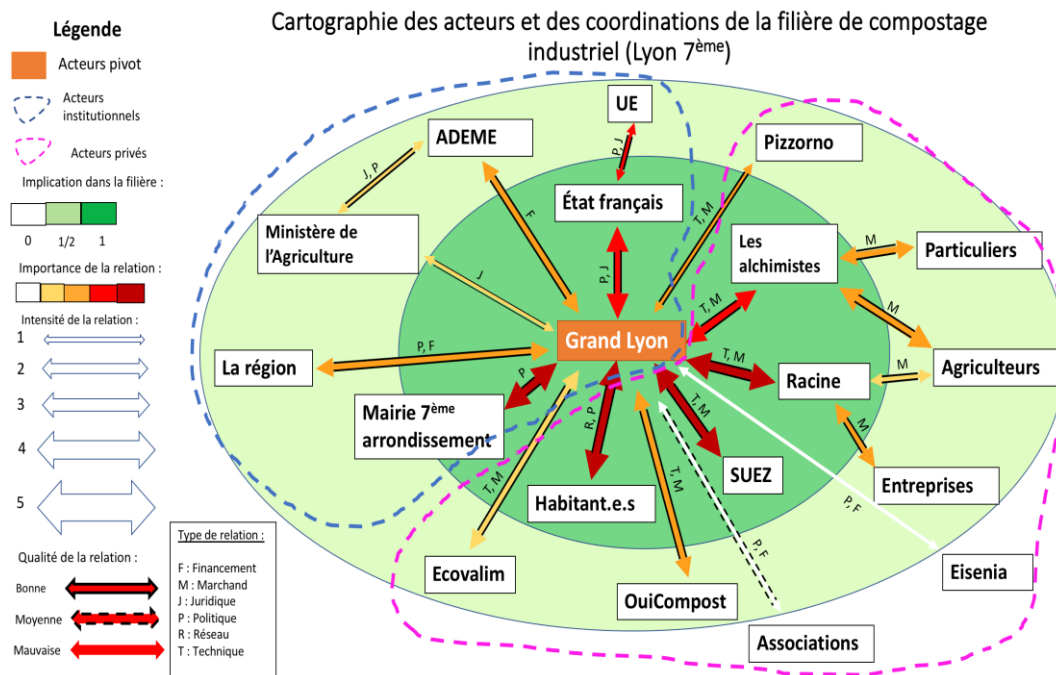


Figure 30 : Cartographie des acteurs et des coordinations de la filière compostage en plateforme

Le compostage en plateforme du Grand Lyon se caractérise ainsi par :

1. Une politique publique de gestion qui privilégie un système industriel, avec une accélération liée à la réglementation européenne/française,
2. Une filière qui repose sur des intermédiaires privés (achat des bennes, collecte SUEZ, traitement Racine + Alchimistes) ce qui induit une dépendance vis-à-vis d'acteurs privés,
3. La « Banalisation du déchet » (Monsaigeon), le modèle proposé repose peu sur la sensibilisation à la réduction des biodéchets dans les bennes,
4. Un traitement industriel (Racine, Les Alchimistes) mais relativement local (30km autour de Lyon) pour assurer une massification rapide du modèle,
5. La non-prise en compte des modèles décentralisés alternatifs.

Analyse du modèle de Pontevedra en Espagne

La province de Pontevedra correspond à environ 1 million d'habitant.e.s, ce qui permet de la comparer à la métropole de Lyon. Toutefois la densité de population est différente, avec une forte densité de population sur la côte (Vigo, Pontevedra) et des zones rurales moins denses plus au centre de la province. Globalement, la commune gère 1 million de tonnes de déchets collectés/an mais actuellement seulement 2 000 tonnes en compostage. Le principal objectif de la commune est de limiter les coûts de transport et d'incinération des biodéchets. Ainsi, ils ont mis en place 3 dispositifs de traitement tenant compte des densités de population et donc de production de biodéchets : des composteurs collectifs, des composteurs individuels et dans certaine zone une collecte avec l'idée de professionnaliser les traitements. Le but est d'instaurer un modèle hybride et « décentralisé » à l'échelle du district.

Conclusion

Les premiers travaux menés dans le lot 4 montrent : (1) que la réglementation européenne vient reconfigurer les dynamiques de gestion des biodéchets en favorisant le déploiement de la collecte, (2) que plusieurs modèles sont mis en œuvre dans un même territoire avec des objectifs différents, pour Eisenia le déploiement d'une filière à vocation sociale et pour le Grand Lyon une massification du tri. Le territoire de Pontevedra montre qu'il est possible d'hybrider ces deux approches, avec une massification vers l'extérieure mais une volonté de décentralisation du traitement en collectif. Ce modèle pourrait être à tester et analyser en termes de déploiement dans nos territoires.

Les cartographies des acteurs et des coordinations produites constituent **le livrable 4.1.1**. Nous avons initié l'analyse des coûts et bénéfices économiques (livrable 4.2.1) qui sera finalisé en 2023 et commencer le cadre d'analyse des externalités (en perspective Livrable 4.3.1).

3.5. Lot 5 ‘Déploiement potentiel de filière de vermicompostage collectif dans d’autres territoires’

Dans ce lot, nous avons réalisé la tâche 5.1 « Identification des modèles potentiels de déploiement. » sur la ville de Givors. Cette projection fait suite au travail effectué par Madison le Masson dans le cadre de son M2 et de la rédaction de son mémoire « Composter ses biodéchets en milieu urbain : analyse des filières de gestion encadrée des déchets organiques sur la Métropole lyonnaise ». Suite à ce travail, nous avons réalisé une projection de déploiement concrète sur un territoire donné en prenant en compte des données géographiques, la densité de population, les espaces disponibles. Ce déploiement doit pouvoir permettre à une collectivité de proposer une solution de traitement séparé des biodéchets à l’ensemble des habitants du territoire, conformément aux objectifs de la directive européenne sur les déchets du 30/05/2018. Le fait de pouvoir déterminer précisément le nombre, le type d’installation et l’emplacement des différents sites permettra dans un second temps de réaliser une projection précise des coûts d’investissement et de fonctionnement nécessaires (tâche 5.2). Ce scénario de déploiement constitue le livrable 5.1.1

3.5.1. Scénario de déploiement de la ville de Givors

La commune de Givors (Figure 31), située à l’extrémité sud de la Métropole de Lyon, a été choisie comme terrain d’étude pour les raisons suivantes :

- l’association Eisenia y est présente, active et reconnue.
- Outre la distribution de composteurs individuels aux habitants de maisons individuelles, le vermicompostage collectif est à l’heure actuelle la seule proposition en cours sur le territoire (9 sites de vermicompostage collectif installés fin 2022)
- cette commune moyenne (20 000 habitants) est majoritairement composée d’habitat collectif (70%), visé par les dispositifs de compostage collectif ou de collecte séparée des biodéchets.
- Mis à part un centre historique dense, les immeubles (habitat social majoritairement) sont assez espacés, rendant le vermicompostage sur place facilement envisageable.

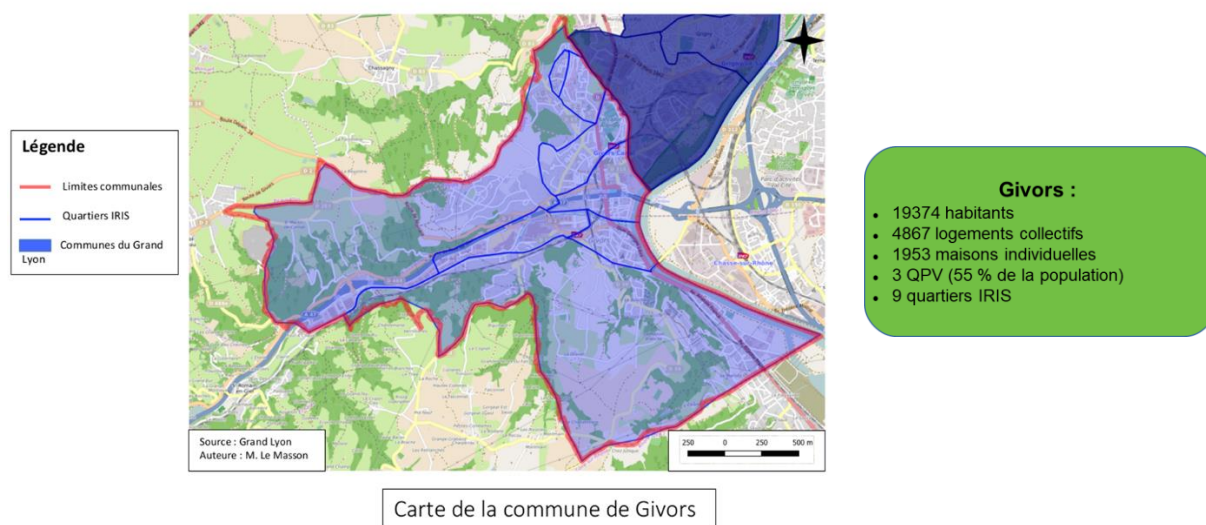


Figure 31 : Carte de la commune de givors

Cette projection, inspirée du cadre d’analyse issu du voyage d’étude à Pontevedra (Cf. lot 4), tend à suivre l’échelle de valeur suivante :

- 1/ Le meilleur déchet est celui qu’on ne produit pas
- 2/ S’il est produit, le mieux est de ne pas avoir à le collecter
- 3/ Si on doit le collecter, il doit être traité au plus près du lieu de production.

Pour notre projection, nous suivons le modèle suivant issu de l’analyse de Lyon et de Pontevedra :

- 1/ priorité à la prévention et à la réduction du gaspillage alimentaire : des temps d’animation et de sensibilisation sont inclus dans le travail des salariés
- 2/ distribution de composteurs collectifs pour les résidents en maison individuelles (non étudiés dans la projection ; travail en cours de réalisation par la métropole de Lyon)
- 3/ installation de vermicomposteurs collectifs (offrant une solution aux habitants à moins de 250m du domicile) quand le terrain le permet : copropriétés ou habitat social disposant d’espace entre les immeubles ; centre-ville à proximité d’espaces verts ou

de friches. Ces sites, ouverts au public en permanence seront suivis hebdomadairement par un professionnel formé, issu prioritairement de la commune. Les sites sont installés dans la mesure du possible au cours de chantiers d'insertion et chantier jeunes mobilisant la population de la ville.

4/ installation de PAV d'apports volontaires en centre-ville très dense ou ne disposant pas d'espaces verts à proximité. Ceux-ci, peu nombreux, sont collectés et les biodéchets valorisés sur une micro-plateforme de vermicompostage située à proximité immédiate du centre-ville. Ils seront collectés 2 fois par semaine (véhicule type fourgonnette) et valorisés sur une micro-plateforme de vermicompostage située sur la commune (2 lieux repérés)

Méthodologie retenue pour réaliser l'estimation quantitative et le maillage :

- Repérage sur carte et récupération des données de population en suivant le découpage IRIS (source : INSEE, Métropole de Lyon et Ville de Givors)
- Vérification sur site accompagné par des habitants de Givors (salariés d'Eisenia) et choix de l'emplacement de chacun des vermicomposteurs ou PAV définis.
- Maillage des vermicomposteurs pour que chaque habitant d'un immeuble collectif puisse disposer d'un site à moins de 250m
- Maillage des PAV selon le critère défini par la métropole de Lyon (un PAV pour 450 habitants)
- 3 tailles de vermicomposteurs collectifs proposés (2t/an, 4t/an et 6t/an) ; les installations sont volontairement légèrement sous-dimensionnées, afin de ne pas créer de coûts inutiles. Les sites peuvent être agrandis en cas de succès

Résultats de la projection et scénario de déploiement illustré sur la figure 32 :



La projection a ainsi défini le besoin d'installation de 32 vermicomposteurs collectifs (dont 8 déjà en fonctionnement) et de 8 PAV pour répondre aux besoins de la population et aux obligations légales. L'ensemble de la gestion de ces sites (incluant une partie de prévention / sensibilisation / animations) nécessite le travail de 2 salariés à temps complet. Nous avons commencé l'analyse financière de ce déploiement (indicateurs de déploiement), mais ce travail doit se poursuivre pour affiner les chiffres.

3.5.2. Analyse des freins et leviers du déploiement

Le scénario de déploiement va être présenté et discuté avec la ville de Givors, à la suite de quoi une analyse des freins et leviers sera réalisée. Nous nous baserons sur les étapes définies dans l'analyse des filières de traitement des biodéchets des lots 2, 3 et 4.

4. Perspectives pour 2023 et 2024

L'année 2023 et les premiers mois de 2024 correspondent aux dernières années du projet. La majorité des travaux ont été réalisés ou engagés, et nous prévoyons ainsi surtout des travaux de consolidation de données surtout socioéconomiques pour les lots 4 et 5. Et aussi, pour l'ensemble des lots et le projet en général, l'année 2023 sera consacrée aux travaux de valorisation sous forme de brochures (en discussion avec l'ADEME), d'articles scientifiques (un en cours et deux prévus pour les émissions de GES et l'analyse territoriale), et de visites, séminaires et webinaires de restitution du projet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADEME, 2018. Suivi technique, économique et environnemental d'installations de production et d'injection de biométhane dans les réseaux de gaz naturel.
- Blouin, M. et al., 2013. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *Eur. J. Soil Sci.* 64, 161–182.
- Blin, G. 2022. Caractérisation de la mésofaune des sols de grande culture suite à l'apport répété de différentes matières organiques issus des biodéchets urbains. Rapport de MASTER 2 Ecologie et Restauration des Milieux Dégradés (ECOREMID), Université de Lille, Faculté des Sciences et Technologies, 43p.
- Borron, C., 2020. Économie circulaire, recyclage, gestion des déchets et enjeux environnementaux.
- CGDD (Commissariat général au développement durable), 2019. Bilan 2016 de la production de déchets en France.
- Chenon, P., Thevenin, N., 2009. Projet pilote de lombricompostage en habitat urbain.
- Dominguez, J., Aira, M., Gomez-Brandon, M., 2009. Vermicomposting: Earthworms Enhance the Work of Microbes, in: *Microbes at Work*.
- Dominguez, J. et al., 2019. Changes in the composition and function of bacterial communities during vermicomposting may explain beneficial properties of vermicompost. *Sci. Rep.* 9, 9657.
- Ducasse, V., Capowiez, Y., & Peigné, J. (2022). Vermicomposting of municipal solid waste as a possible lever for the development of sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(5), 89.
- Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Sherman, R.L., 2010. *Vermiculture Technology : Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*. CRC Press.
- Grand Lyon Métropole, 2018. Rapport annuel sur le prix et la qualité du service public d'élimination des déchets 2018.
- Lim, S.L., Lee, L.H., Wu, T.Y., 2016. Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *J. Clean. Prod., Special Volume: Process Integration for Cleaner Production* 111, 262–278.
- Lohri, C.R. et al., 2017. Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. *Rev. Environ. Sci. Bio-Technol.* 16, 81–130.
- Mairie de Paris, n.d. Guide du lombricompostage collectif.
- Munroe, G., 2007. *Manual of On-Farm Vermicomposting and Vermiculture*. Org Agric Cent. Can.
- NeoEthos, 2017. Présentation des résultats de l'étude de flux de biodéchets de la métropole de Lyon pour Lyon Bio Ressources.
- Obriot, F. et al., 2016. Multi-criteria indices to evaluate the effects of repeated organic amendment applications on soil and crop quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 232, 165–178.
- Yadav, A., Garg, V.K., 2011. Industrial wastes and sludges management by vermicomposting. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1 : Calendrier prévisionnel du projet VALOR.....	14
Tableau 2 : les livrables du projet VALOR.....	15
Tableau 3 : les jalons du projet VALOR.....	15
Tableau 4 : Activités du projet VALOR du 2/11/2020 au 19/02/2022.....	18
Tableau 5 : Valorisation du projet VALOR du 2/11/2020 au 19/02/2022.....	19
Tableau 6 : synthèse des analyses de qualité des composts, digestats et vermicomposts étudiés dans le projet VALOR.....	27

FIGURES

Figure 1 : Présentation graphique des filières étudiées, des lots et de l'ensemble de l'écosystème pour un territoire donné.....	9
Légende : Flèches rouges : filières étudiées ; Flèches grises : filières non étudiées ; Carrés verts : produits, ressources ; Carrés marrons : procédés ; Carrés roses : points départ acteurs.....	9
Figure 2 : Les essais misent en place dans le Lot 3.....	12
Figure 3 : les filières de traitement des biodéchets sur la métropole de Lyon.....	19
Figure 4 : Estimation des gisements de biodéchets sur la métropole de Lyon (issu d'enquêtes) - 2021.....	20
Figure 5 : les 4 filières de traitement de biodéchets retenues pour estimer les bilans GES dans notre étude.....	20
Figure 6 : Postes d'émissions des GES pour les filières analysées et identification des scopes (1, 2 et 3).....	21
Figure 7 : Interface de l'outil mis au point dans le projet VALOR pour calculer les émissions de GES des 4 filières de traitement des biodéchets.....	22
Figure 8 : Principaux postes d'émissions de GES en kgCO ₂ e /t de biodéchets de la filière Compostage en plateforme.....	22
Figure 9 : Principaux postes d'émissions de GES en kgCO ₂ e /t de biodéchets de la filière Vermicompostage en plateforme.....	23
Figure 10 : Principaux postes d'émissions de GES en kgCO ₂ e /t de biodéchets de la filière Compostage collectif.....	23
Figure 11 : Principaux postes d'émissions de GES en kgCO ₂ e /t de biodéchets de la filière Vermicompostage collectif.....	24
Figure 12 : Comparaison des émissions de GES en kgCO ₂ e /t de biodéchets avec évitement des 4 filières de traitement des biodéchets : Compostage en plateforme, Vermicompostage en plateforme, Compostage collectif et Vermicompostage collectif.....	24
Figure 13 : Comparaison des émissions de GES en kgCO ₂ e /t de biodéchets sans évitement et avec répartition par scope (1, 2 et 3) des 4 filières de traitement des biodéchets : Compostage en plateforme, Vermicompostage en plateforme, Compostage collectif et Vermicompostage collectif.....	25
Figure 14 : Méthodologie et principales sorties de la comparaison de trois produits issus de traitement de biodéchets (Ducasse et al., 2023).....	26
Figure 15 Observation au MET de (A) la fraction fine du vermicompost composée de résidus végétaux à forte activité biologique et de (B) la fraction fine de vermicompost au sein d'agrégats composés de résidus cellulaires contrastés avec ac, actinomycète ; ba, bactéries actives ; hf, hyphes fongiques ; lm, lamelle moyenne ; rb, résidus bactériens ; rmy, résidu mycélien ; rp, résidu polyphénolique ; rvb, résidu végétaux biodégradés (l'ensemble de la matrice est principalement composé de ces résidus) et sb, spore bactérien.....	26
Figure 16 : Rendement en biomasse totale (t/ha) du blé d'hiver – site de Genay 2022.....	28
Figure 17 : Abondance des collembolles à 4 dates de prélèvements suivant les apports de compost (deux doses), vermicomposts (deux doses) et digestat (une dose), en comparaison du contrôle (pas d'apport).....	29
Figure 18 : Abondance des collembolles au printemps 2022 suivant les apports de compost (deux doses), vermicomposts (deux doses) et digestat (une dose), en comparaison du contrôle (pas d'apport).....	29
Figure 19 : Abondance des collembolles à 4 dates de prélèvements suivant les apports de compost (deux doses), vermicomposts (deux doses) et digestat (une dose), en comparaison du contrôle (pas d'apport).....	30
Figure 20 : Modélisation de l'abondance des vers de terre sur l'expérimentation (modèle mixte négative binomial).....	30
Figure 21 : Biomasses lombriciennes en kg/ha en octobre 2022 (dernière date de prélèvement) mesurées dans les modalités avec apports (Compost faible dose, Compost forte dose, Digestat faible doses, Vermicompost faible dose et Vermicompost forte dose) et la modalité contrôle sans apport.....	31
Figure 22 : Abondances lombriciennes en nombre d'individus/ha en octobre 2022 (dernière date de prélèvement) mesurées dans les modalités avec apports (Compost faible dose, Compost forte dose, Digestat faible doses, Vermicompost faible dose et Vermicompost forte dose) et la modalité contrôle sans apport.....	31
Figure 23 : Rétention en eau des sols en octobre 2022 (dernière date de prélèvement) mesurées dans les modalités avec apports (Compost faible dose, Compost forte dose, Digestat faible doses, Vermicompost faible dose et Vermicompost forte dose) et la modalité contrôle sans apport.....	32
Figure 24 : les deux grands types de traitement des biodéchets suivant l'échelle de gestion de proximité.....	33
Figure 25 : étapes de la filière vermicompostage collectif.....	34
Figure 26 : jeux d'acteurs de la filière vermicompostage collectif.....	34
Figure 27 : Cartographie des acteurs et des coordinations de la filière vermicompostage collectif.....	34
Figure 28 : étapes de la filière compostage en plateforme.....	35
Figure 29 : jeux d'acteurs de la filière compostage en plateforme.....	35
Figure 30 : Cartographie des acteurs et des coordinations de la filière compostage en plateforme.....	36
Figure 31 : Carte de la commune de givors.....	37
Figure 32 : Carte de déploiement du vermicompostage sur la ville de Givors.....	38

SIGLES ET ACRONYMES

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
-------	--

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



RAPPORT INTERMEDIAIRE DU PROJET VALOR

Le projet VALOR a pour objectif de caractériser et évaluer la faisabilité de différentes filières de vermicompostage collectif pour valoriser les biodéchets urbains afin de permettre leur retour au sol. Nous cherchons à identifier les bénéfices socioéconomiques, environnementaux et agronomiques du vermicompostage à l'échelle d'un territoire dans une logique d'économie circulaire locale, avec la métropole de Lyon comme territoire modèle puis nous analysons son déploiement à d'autres territoires (Givors).

Dans ce rapport, nous présentons les résultats intermédiaires du projet sur la période Février 2022 – Février 2023 (de 15 à 27 mois sur une durée totale de 42 mois). Ces résultats portent principalement sur (1) l'évaluation des GES des filières de traitement de biodéchets (vermicompostage et compostage), (2) la caractérisation de la qualité des vermicomposts issus de bacs collectifs par rapport au compost et digestat, (3) des résultats de l'application de ces trois produits au champ, et (4) de l'analyse socioéconomique et du déploiement des filières de vermicompostage sur la métropole de Lyon et la ville de Givors.

