



# **CARACTERISATION DU PROCESSUS DE VERMICOMPOSTAGE EN MILIEU URBAIN**



**Rédigé par Lola BROYER encadrée par  
Vincent DUCASSE**

## Table des matières

Introduction :	2
I. Contexte	2
A. Le vermicompostage au sein de l'association Eisenia	2
B. Le projet VALOR	4
II. Quantification des apports des vermicomposteurs du 1er arrondissement de Lyon	5
A. Une approche sociologique : Questionnaire	5
1. Matériel et méthode	5
2. Résultats	6
3. Analyses	6
4. Qualitative : habitudes, profils et satisfaction	9
5. Discussion	12
B. Une approche quantitative : Pesées de terrain	13
III. Suivi du processus de vermicompostage	13
A. Matériel et méthode	13
1. Objectifs :	13
2. Méthode :	14
B. Données	16
C. Analyses et résultats	16
1. Analyses univariées globales	16
2. Analyse descriptive multivariée : Analyse en Composantes Principales	18
3. Comparaison entre moyennes : ANOVA	19
4. Discussion	28
IV. Etude sur la biodiversité dans les vermicomposteurs	28
A. Contexte de l'étude	28
B. Protocole	29
Conclusion	30
Annexes	33

## Introduction :

L'accroissement de la population, l'urbanisation des territoires et les modes de consommation ont conduit à une augmentation drastique de la quantité de déchets. La gestion de ces derniers est devenue un enjeu écologique, social et économique. Les gouvernements européens ont fait évoluer, au fil des années, la législation pour mettre en place un système de valorisation des déchets. La publication de la directive européenne 2008/98/CE hiérarchise les 5 modes de gestion des déchets : la prévention, le réemploi, le recyclage, la valorisation et l'élimination. Même si la prévention apparaît comme le meilleur moyen de lutter contre l'explosion de la quantité de déchets, certains restent inévitables. Il est alors primordial de les traiter pour préserver l'environnement et la santé des populations.

En 2017, un.e Français.e produit en moyenne 568 kg de déchets ménagers et assimilés. Parmi ceux-ci, 254 kg sont des ordures ménagères résiduelles (OMR). 32,8% de ces OMR sont des déchets putrescibles ou biodéchets. Ils sont caractérisés par leur capacité à se dégrader biologiquement en suivant le cycle de la matière car ils sont issus d'organismes vivants (animaux ou végétaux). A cette part, on peut ajouter les déchets verts, les boues de stations d'épuration et certains papiers et cartons pour obtenir l'ensemble des déchets organiques urbains (ADEME, 2020). Le traitement de ce type de déchets est nécessaire puisque leur décomposition génère des gaz à effet de serre, polluant l'eau et l'air. De plus, ils peuvent contenir des pathogènes, dangereux pour la santé. Les biodéchets peuvent néanmoins être utilisés comme amendements pour les sols s'ils sont correctement dégradés.

Dans ce contexte, l'association Eisenia, créée en 2013, compte parmi l'un de ses principaux projets, la mise en place et le suivi de vermicomposteurs (VC) pour permettre aux habitants de Lyon et sa métropole de valoriser leurs biodéchets.

Ce document est la synthèse des travaux réalisés lors d'un stage entre juin et septembre 2021. Il présente dans un premier temps, le contexte de ces missions. Ensuite, les missions et résultats seront présentés. La dernière partie est dédiée à une étude sur la biodiversité dans les vermicomposteurs réalisée avec l'aide de l'association Des Espèces Parmi'lyon.

Il s'agira de quantifier les apports en biodéchets dans les VC, de comprendre le processus de vermicompostage à travers différentes caractéristiques physico-chimiques mais aussi d'observer si ce processus est homogène.

## I. Contexte

### A. Le vermicompostage au sein de l'association Eisenia

#### 1. Généralités

Le vermicompostage se distingue du compostage classique par l'utilisation des vers de terre, essentiellement du genre *Eisenia* dans le processus. Ces vers de terre sont épigés (vivant dans les premiers centimètres du sol), ubiquistes et opportunistes. L'espèce *Eisenia fetida* survit entre 0 et 35°C, des températures

adaptées au lombricompostage. Autre capacité particulièrement importante, les vers de terre *Eisenia fetida* ont un modèle de reproduction de stratégie R : ils se reproduisent très rapidement et peuvent donc multiplier leur population par 2 à 3 en 60 à 90 jours (dans des conditions optimales). Les vers de terre peuvent ingérer et transformer jusqu'à l'équivalent de leur masse par jour. La température optimale de prolifération et de transformation se situe autour de 20°C avec une humidité comprise entre 50 et 80%, un pH entre 5 et 9 et une aération suffisante. Une variation trop importante de température ralentit leur activité et peut provoquer une diapause (Ducasse, 2016, Dominguez et al., 2009).

Le vermicompostage est un processus mésophile utilisant les vers de terre et la faune du système pour décomposer les biodéchets. C'est une des différences majeures avec le compostage thermique où la phase de chauffe peut atteindre les 70°C avant la redescende en température pendant la maturation.

Il existe différents types de vermicompostage. Le vermicompostage agricole en andain est le premier à s'être développé. On trouve aujourd'hui des vermicomposteurs individuels pour le grand public qui s'organisent verticalement. Enfin, comme un intermédiaire entre ces deux pratiques, le vermicompostage collectif au pied d'immeubles apparaît adapté au contexte urbain. C'est cette dernière méthode qui est développée par Eisenia en s'inspirant à l'origine du vermicompostage agricole (Ducasse, 2016, Ulrich, 2018).

## 2. Le vermicompostage collectif

Les vermicomposteurs collectifs sont composés de deux bacs accolés d'1,50m de haut au maximum. La surface des bacs varie selon le projet mais de façon générale, l'installation fait au moins 1,5m de profondeur, 2,5m de longueur et jusqu'à 1,5m de hauteur.

Au démarrage, un ensemencement avec une litière de vers de terre, c'est-à-dire une population de vers de terre dans un substrat de terre, est nécessaire. L'association apporte entre 2 et 4 kg de vers de terre par m<sup>2</sup>. Les biodéchets sont ensuite apportés par le haut. Il y a toujours au départ d'un dispositif de vermicompostage une phase de vermiculture qui vise à multiplier la population de vers de terre présents pour qu'ils s'adaptent à la quantité de déchets à valoriser (Eisenia, 2021).

L'association a développé deux modes de gestion pour les vermicomposteurs collectifs sur un même modèle de départ : lent ou rapide.

Les vermicomposteurs collectifs « lents » sont ceux fonctionnant avec un flux de déchets « normal ». Les apports sont

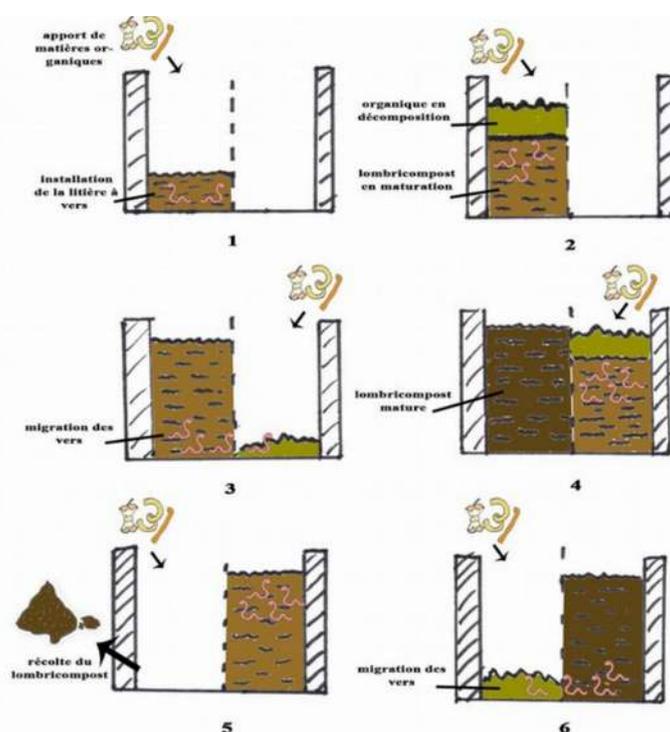


Figure 1 : Fonctionnement des VC dits « lents » Schéma réalisé par Pierre Ulrich pour le projet VALOR

réalisés dans le premier bac. Une fois celui-ci plein (environ 4 mois), il est fermé aux usagers et les apports sont faits dans le deuxième bac. Le premier bac mûrit jusqu'à la récolte entre 1 et 2 mois. Les vers de terre étant opportunistes, ils migrent vers le second bac lorsque toute la nourriture disponible a été transformée. Le bac 1 est alors prêt à être récolté (cf. figure 1)

Les vermicomposteurs collectifs « rapides » constituent une gestion plus intensive et donc plus complexe. Elle permet d'absorber un flux de biodéchets plus important. Lorsqu'il y a beaucoup d'apport et qu'une gestion lente est conservée, le risque est que les vers de terre n'absorbent pas assez vite le flux, ce qui déclenche le processus de compostage thermophile. Cela fait fuir une majeure partie de la macrofaune. Pour éviter ce phénomène et contrôler la température, les bacs d'apports alternent à un rythme soutenu, environ tous les 15 jours pour laisser au repos un des bacs. Les deux côtés du vermicomposteur se remplissent donc alternativement sur un temps réduit : le temps de maturation est plus court. Avec cette technique, la surface d'apport est optimisée mais la récolte est plus compliquée à organiser car les vers de terre ne migrent pas entièrement. La qualité du vermicompost obtenu est aussi questionnée par rapport à celle d'un vermicompost obtenu avec la méthode lente. Cet aspect sera étudié au sein du projet VALOR.

Selon les modes de gestion des VC collectifs (lents ou rapides), les estimations de masse valorisée diffèrent. Pour les VC « lents », on estime entre 400 et 800 kg de biodéchets valorisés/m<sup>2</sup>/an. Pour les VC « rapides », on estime entre 800 et 1200kg de biodéchets valorisés/m<sup>2</sup>/an (Eisenia, 2021).

## B. Le projet VALOR

Le projet VALOR est un projet de recherche sur la valorisation des biodéchets urbains en digestat à destination de l'agriculture biologique. Il se concentre sur le vermicompostage, mode de valorisation encore peu étudié.

La population mondiale ne cesse de croître, entraînant des besoins alimentaires de plus en plus grands donc une augmentation des productions agricoles et *in fine* des déchets organiques dans les années futures. En plus du traitement des déchets organiques, la nécessité d'augmenter la production agricole devient un enjeu crucial. Il paraît alors intéressant voire nécessaire de transformer les biodéchets en amendements afin de valoriser les déchets et subvenir aux besoins alimentaires à travers une agriculture durable. Parti de ce constat, le projet VALOR vise à caractériser et évaluer la faisabilité de différentes filières de vermicompostage pour valoriser les biodéchets urbains. L'étude est réalisée de la collecte des biodéchets, aux processus de vermicompostage jusqu'à l'utilisation finale de ces vermicomposts en agriculture biologique. Il s'agit d'un projet global puisque les bénéfices de ces filières seront identifiés à travers les axes socioéconomiques, environnementaux, et agronomiques. La métropole de Lyon est prise comme territoire modèle. En effet, il y a un fort potentiel puisqu'à son échelle, en 2018, la métropole produit 546 Mt de déchets ménagers et assimilés dont 316,2Mt d'ordures ménagères résiduelles (Grand Lyon Métropole, 2018). La quantité de biodéchets fermentescibles sur la métropole lyonnaise est estimée à 150 000t/an (NeoEthos, 2017).

Le vermicompostage a été choisi pour son caractère innovant. En effet, ce processus dégage peu de gaz à effet de serre par rapport aux autres méthodes

de valorisation puisqu'il s'agit d'une technique mésophile qui nécessite peu de mécanisation. Les vers de terre utilisés, qui ingèrent et transforment les biodéchets, semblent avoir un rôle de dépollueurs car ils absorberaient et bio-transformeraient les polluants (pesticides, ETM,...) présents dans les biodéchets (Sanchez-Hernandez et al, 2015). Le procédé de vermicompostage permettrait d'hygiéniser le vermicompost des agents pathogènes au cours de la période de maturation (Soobhany, 2018). En revanche, les études et recherches sur ce produit restent éparses et nécessitent d'être approfondies pour pouvoir garantir son homogénéité, sa qualité sanitaire et agronomique d'où le choix de ce procédé pour le projet. D'ailleurs, un des enjeux du projet est d'étudier précisément la qualité sanitaire et hygiénique du vermicompost pour savoir si ce produit correspond à la norme AFNOR NFU 44-051 des amendements organiques.

Le projet analysera les différentes filières de vermicompostage, les flux potentiels de matière, la qualité des vermicomposts issus de ces filières, les externalités engendrées par ces filières au sein de la métropole lyonnaise, les services écosystémiques rendus par les vermicomposts et la valeur sociale de ces filières pour ses acteurs.

Les missions réalisées durant ce stage s'ancrent dans ce projet. Elles permettent de quantifier les apports en biodéchets et de caractériser le processus à travers trois mesures (pH, humidité et température). Ces données pourront être utilisées dans le cadre de la rédaction de guide sur le vermicompostage coordonnée par le projet.

## **II. Quantification des apports des vermicomposteurs du 1er arrondissement de Lyon**

Depuis la mise en place des vermicomposteurs par l'association, il est difficile d'estimer avec certitude la masse et le volume apportés par les usagers et donc de déterminer la capacité de valorisation des vermicomposteurs au m<sup>2</sup>. L'objectif principal est donc de connaître avec le plus de précision possible la masse de déchets valorisée par les vermicomposteurs étudiés. Nous serons alors en capacité de quantifier une partie des flux de matière des vermicomposteurs par m<sup>2</sup> et par an.

Pour appréhender cet axe, deux approches ont été retenues : un questionnaire et un dispositif de pesées de terrain.

### **A. Une approche sociologique : Questionnaire**

#### **1. Matériel et méthode**

##### **a. Objectifs**

Le questionnaire vise dans un premier temps à estimer les apports de biodéchets dans les vermicomposteurs par m<sup>2</sup>. Au-delà de cet objectif, ce sondage permet de mieux connaître les habitudes et profils des utilisateurs ainsi que le type et la proportion des déchets apportés. Ces réponses ont donc une

portée pratique pour l'association Eisenia dans l'amélioration de la gestion des vermicomposteurs.

#### b. Choix des vermicomposteurs

Nous avons choisi d'étudier les 10 vermicomposteurs du 1<sup>er</sup> arrondissement de Lyon. En effet, ce sont ceux qui reçoivent le plus d'apports et dont la gestion est la plus chronophage. Par conséquent, pour gérer ces apports et ne pas surcharger les vermicomposteurs, ils sont fermés par des cadenas et les utilisateurs doivent s'inscrire au préalable. Nous avons donc accès aux adresses mails des usagers ce qui facilite la diffusion du questionnaire.

#### c. Mode de diffusion

Le questionnaire a été envoyé par mail aux 259 usagers qui soumettaient leurs réponses directement sur Framafoms, site open source de conception d'enquêtes en ligne. Le lien a été envoyé une première fois le 26 juillet 2021 et une relance le 31 août 2021.

#### d. Questionnaire

Le questionnaire est composé de 12 questions en tout. Les enquêtés ne peuvent y répondre qu'une seule fois. Il est disponible dans la version papier en ANNEXE 1 et des captures d'écran de Framafoms en ANNEXE 2. Le questionnaire en ligne est disponible à l'adresse suivante (et expire en janvier 2022) :

<https://framaforms.org/etude-sur-la-quantite-de-biodechets-apportes-dans-les-vermicomposteurs-1625839612>

## 2. Résultats

Lors du dernier export des réponses le 10 septembre 2021, 107 personnes sur 259 avaient répondu soit un taux de réponse de 41,3%. Les données récoltées sont anonymes. L'ensemble des séries de réponses sont disponibles dans un tableau Excel.

## 3. Analyses

#### a. Analyse quantitative : estimation des apports

Les estimations des apports ont été réalisées à partir de deux questions du questionnaire :

##### 1. A quelle fréquence vous rendez-vous au LC en moyenne ?

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> < 1 fois par mois  | <input type="checkbox"/> 1 fois par mois      | <input type="checkbox"/> 2 fois par mois    |
| <input type="checkbox"/> 3 fois par mois    | <input type="checkbox"/> 1 fois par semaine   | <input type="checkbox"/> 2 fois par semaine |
| <input type="checkbox"/> 3 fois par semaine | <input type="checkbox"/> > 3 fois par semaine |   |
| <input type="checkbox"/> Autre : précisez : |   |   |

##### 2. Quelle quantité en moyenne amenez-vous au LC à chaque passage ?

- 1 bocal, sac kraft soit environ 1L  
□ 10L
- 1 seau de 3L □ 5L  
□ 20L

Bellevue	Taux de réponse: 43,75%		Somme en L/semaine sur les réponses :	40,75 L
2 bacs	Réponses aux questions :	Total une semaine :	Somme en L par an sur les réponses:	2119 L
	3 fois par semaine 3L	9 L		
	1 fois par semaine 3L	3 L		
	1 fois par semaine 5L	5 L	Par semaine en kg entre :	Pour 1L = 0,5kg et Pour 1L = 0,6kg
	1 fois par semaine 3L	3 L	Par an en kg entre :	20 kg et 25 kg
	1 fois par mois 3L	0,75 L	Surface du VC :	1060 kg et 1324 kg
	1 fois par semaine 10L	10 L	Estimation tous foyers sur 1 an entre :	3,80 m <sup>2</sup>
	1 fois par semaine 10L	10 L	Estimation par m <sup>2</sup> entre :	2422 kg et 3027 kg
				637 kg et 797 kg

Figure 2 : Etapes de calculs des apports annuels dans le VC de Bellevue

Autre : précisez un volume (en litres), une masse (en kg) :

### ➤ Estimation des apports par VC et par m<sup>2</sup>

On cherche ici à confirmer ou réfuter l'hypothèse que la valorisation des biodéchets dans les VC dits « rapides ou intensifs » s'élève entre 400kg et 10t par an selon le nombre de bacs soit entre 800kg et 1t de biodéchets valorisés/m<sup>2</sup>/an (Eisenia, 2021).

A partir des réponses, on peut calculer les apports moyens hebdomadaires d'un foyer répondant en croisant la fréquence d'apport et la quantité apportée. Cette étape a été facilitée car il y a eu peu de réponse du type « < 1 fois par mois » (dans ce cas on arrondit à 1 fois par mois). En sommant et multipliant par 52 (le nombre de semaines par an), on obtient le volume de déchets apportés par les enquêté.e.s en litres par an. Pour convertir les volumes en masses, on utilise des données obtenues par Eisenia lors de pesées de vermicomposts et biodéchets.

L'association estime que :

1L de biodéchets correspond à entre 0,5kg et 0,6kg.

Ces valeurs sont également approchées par l'ADEME. Elles sont tout de même plus proches de 0,5kg pour un litre (ADEME, 2014). Il est important de rappeler que ces conversions sont approximatives et que le facteur d'erreur peut être très élevé puisque la composition des biodéchets varie fortement (cartons, épiluchures, terres,...). On choisit de conserver ces deux valeurs ce qui permet d'obtenir une fourchette de résultats.

Pour terminer l'estimation, il suffit de pondérer le résultat par le taux de réponses. Avec la surface, on obtient en plus l'estimation par m<sup>2</sup>. Les détails des étapes de calculs sont détaillés pour un VC (Bellevue) dans la Figure 2.

On a réalisé les mêmes calculs pour les 10 VC étudiés. Les résultats obtenus sont synthétisés dans la Figure 3. Sur cette figure, les résultats par m<sup>2</sup> des VC Génété, Jardin des Plantes Haut, Jean Moulin, Sutter et Villemanzny ne sont pas disponibles car nous avons seulement calculé la surface des VC étudiés dans la partie sur le

Nom du VC	Nombre d'inscrits	Taux réponse	Estimation des apports totaux par VC par an		Surface du VC en m <sup>2</sup>	Apport par m <sup>2</sup> (1L = 0,5kg de biodéchets)	Apport par m <sup>2</sup> (1L = 0,63kg de biodéchets)
			Pour 1L = 0,5kg de biodéchets	Pour 1L = 0,6kg de biodéchets			
Bellevue	16	43,8%	2 422 kg	3 027 kg	3,80 m <sup>2</sup>	637 kg	797 kg
Colbert (4 bacs)	30	60,0%	3 077 kg	3 846 kg	5,05 m <sup>2</sup>	609 kg	761 kg
Croix Paquet	22	59,1%	1 760 kg	2 200 kg	3,25 m <sup>2</sup>	541 kg	676 kg
Grande Côte	17	41,2%	2 169 kg	2 711 kg	-	-	-
Génété	27	40,7%	2 802 kg	3 503 kg	3,78 m <sup>2</sup>	743 kg	929 kg
Jardin Plantes Bas	21	33,3%	2 106 kg	2 633 kg	3,77 m <sup>2</sup>	559 kg	698 kg
Jardin Plantes Haut	38	28,9%	8 196 kg	10 245 kg	-	-	-
Jean Moulin (3 bacs)	29	31,0%	2 534 kg	3 168 kg	-	-	-
Sutter (4 bacs)	43	44,2%	5 340 kg	6 675 kg	-	-	-
Villemanzny	16	37,5%	2 646 kg	3 308 kg	-	-	-
<b>Moyenne pour 2 bacs:</b>			<b>3 067 kg</b>	<b>3 834 kg</b>	<b>Moyennes :</b>	<b>618 kg</b>	<b>772 kg</b>
<b>Moyenne pour 2 bacs sans valeurs rouges :</b>			<b>2 538 kg</b>	<b>3 172 kg</b>			

suivi de processus (voir partie III).

Sur ce tableau, on remarque que les valeurs obtenues pour les estimations du Jardin Des Plantes du Haut sont très supérieures aux autres. Cela est dû à une réponse dans le questionnaire : une répondante indique déposer 20L de biodéchets 2 fois par semaine soit 40L par semaine. Cela est probable car 6 personnes (dont 4 personnes de plus de 18 ans) vivent dans ce foyer. A cela s'ajoute le taux faible de réponse, ce qui donne des valeurs finales hautes par rapport aux autres VC.

Le VC Génété a des apports importants par rapport aux autres VC à deux bacs. Cela est plutôt cohérent avec ce que nous observons sur le terrain. En effet, ce VC est toujours très chargé.

On remarque que les apports totaux sur un an sont dans la fourchette donnée par Eisenia car compris entre 400kg et 10t. Cela n'est pas difficile étant

Figure 1 : Tableau synthèse des estimations des apports de biodéchets par VC par an et par m<sup>2</sup> par an

donné que la fourchette est très large. En revanche, pour les apports au m<sup>2</sup>, les résultats sont légèrement en-dessous des hypothèses d'Eisenia (entre 800kg et 1t par an par m<sup>2</sup>) sauf pour Génété. Cela peut-être dû au fait que ce questionnaire ne prend pas en compte les utilisateur.rice.s « pirates ». Ces personnes utilisent le VC et ont les codes des cadenas mais ne sont pas inscrites. Il est donc quasiment impossible de savoir précisément le nombre de personnes qui utilisent les VC. Les résultats obtenus sont de ce fait sûrement en-dessous de la réalité. Par conséquent, le VC de Génété pourrait avoir des apports de plus d'une tonne par an par m<sup>2</sup>. Cela pourrait expliquer les légers dysfonctionnements observés pour celui-ci. D'ailleurs, c'est aussi ce VC qui demande le plus de temps de maintenance.

### ➤ Estimation des apports par personne

Les apports par personne ont été calculés avec le logiciel R. A partir des données obtenues par foyer par semaine, on a calculé les apports annuels par foyer.

Les enquêté.e.s complètent une partie sur le nombre de personnes vivant dans leur foyer. Nous avons différencié 4 catégories de personnes :

- Les personnes de plus de 18 ans,
- les personnes entre 10 et 18 ans,
- les enfants entre 6 et 10 ans,
- les enfants de moins de 6 ans.

Pour calculer le nombre de personnes du foyer, il a fallu déterminer comment compter les enfants dans le foyer. Un coefficient de 1 a été attribué aux personnes de plus de 10 ans, et de 0,5 pour les moins de 10 ans. Autrement dit, nous avons estimé que les personnes de moins de 10 ans consomment deux fois moins que leurs aînés et contribuent donc de moitié aux apports en biodéchets. Cette répartition est discutable mais il existe peu de références de coefficient de consommation pour ce type de sondage. Le nombre de personnes du foyer est alors calculé, on peut alors calculer l'apport par personne par an total.

Les étapes de calculs pour la réponse 11 (réponse aléatoire) sont détaillées ci-dessous :

Vermicomposteur utilisé : Bellevue

Fréquence d'apport : 3 fois par semaine

Quantité apportée à chaque fois : 3L

Nombre d'adultes : 2

Nombre de personnes entre 10 et 18 ans : 0

Nombre d'enfants entre 6 et 10 ans : 2

Nombre d'enfants de moins de 6 ans : 2

- Apport par semaine :  $3 \times 3L = 9L$  soit 468L par an
- Nombre d'enfants entre 0 et 6 ans avec coefficient :  $(2+2) \times 0,5 = 2$
- Nombre d'unité de consommation (UC) dans le foyer : 4 UC

D'où 117 L/UC/an soit entre 59 et 70kg de biodéchets par an par UC en utilisant les mêmes conversions que précédemment.

Au final, en moyenne, pour ce questionnaire, une personne apporte entre 60 et 72 kg/an de biodéchets. Les données sont variables selon les foyers, la figure 4 rend compte de ces variations.

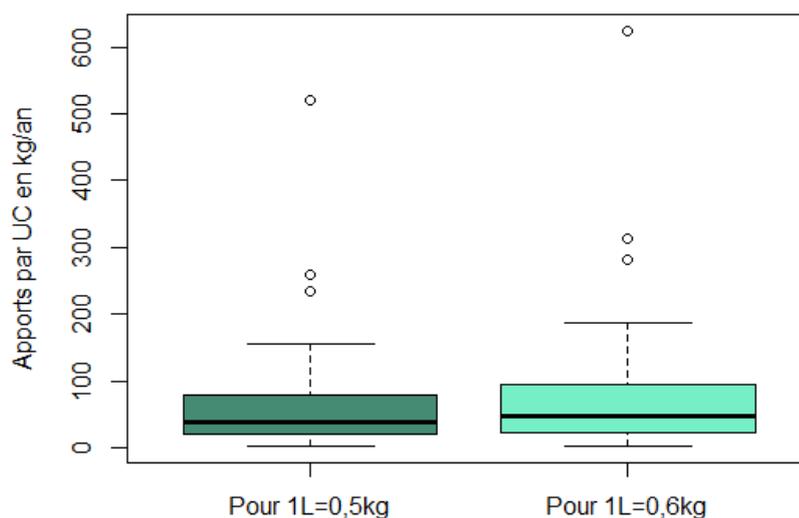


Figure 4 : Boxplot des apports de biodéchets dans les VC en kg/UC/an

On observe certaines valeurs extrêmes sur le haut du graphique avec notamment une valeur, qui selon le coefficient de conversion, atteint plus de 500 ou 600kg ce qui représente une quantité extrêmement importante voire aberrante. On peut même penser à une erreur de jugement de la personne répondante. En revanche, 95% des valeurs sont comprises entre 7,6 kg et 156 kg pour les valeurs calculées avec 0,5kg/l et entre 9,1 kg et 187,2 kg pour celles calculées avec 0,6kg/l.

Selon l'ADEME, une personne française a produit, en 2017, 254 kg d'ordures ménagères résiduelles. Les déchets compostables représentent environ un tiers de cette masse soit 83kg environ (ADEME, 2020). Les apports calculés s'approchent de ces chiffres et semblent cohérents même si un peu en dessous en moyenne.

#### 4. Qualitative : habitudes, profils et satisfaction

##### ➤ Habitudes des usager.e.s et types de déchets

L'étude révèle une certaine uniformité dans la façon d'apporter ces déchets. On remarque que plus de la moitié des répondant.e.s apportent leurs biodéchets une fois par semaine et que les apports majoritaires sont de 3 et 5L (Figure 5). A eux deux, ces volumes correspondent à environ 80% des apports.

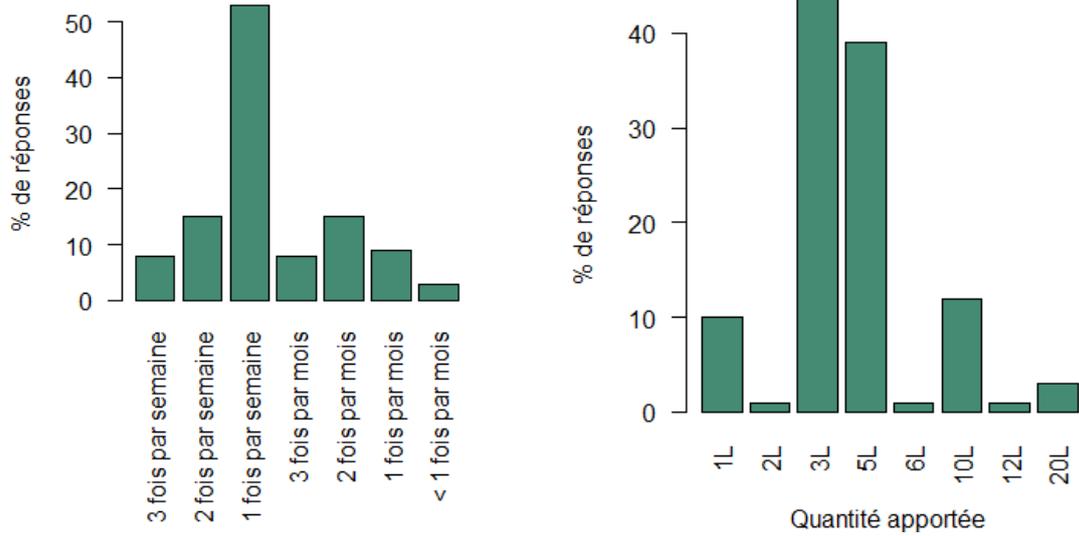


Figure 5 : Histogrammes de la fréquence d'apport et du volume d'apport

Ces résultats sont en adéquation avec les recommandations d'utilisation des VC par Eisenia. En effet, le fait d'aller au VC une fois par semaine est un bon compromis : cela évite de faire le déplacement trop régulièrement tout en limitant les odeurs désagréables qui surviennent lorsque les biodéchets sont entassés dans le contenant trop longtemps. De plus, les vers de terre consomment des biodéchets frais non moisis.

Ensuite, au niveau des types de déchets apportés, on rappelle qu’il en existe deux grandes catégories principales. Les déchets azotés ou humides sont les biodéchets de cuisine qui constituent les éléments nutritifs essentiels aux vers. Il s’agit des épluchures, fruits et légumes gâtés, fanes, marcs de cafés etc. L’autre catégorie est composée de la matière carbonée ou sèche. Ces déchets permettent de réguler le taux d’humidité en absorbant l’excédent d’eau de la matière azotée et de structurer le compost. Ces matières doivent être idéalement présentes au même volume que les autres déchets, un tiers peut également suffire (Eisenia, sans date). On retrouve dans cette matière sèche les cartons, boîtes d’œufs, sacs en papiers. 90% des usager.e.s apportent « Tout le temps » des déchets azotés (Figure 6).

Cette dominance azotée est confirmée par la question 8, question ouverte sur le type de déchets principal, dans laquelle presque la totalité des répondant.e.s notent que les « épluchures » constituent leur apport dominant. La moitié des enquêtés apportent aussi systématiquement des coquilles d’œufs.

Figure 6 : Histogramme en % de la fréquence d'apport en matière azotée

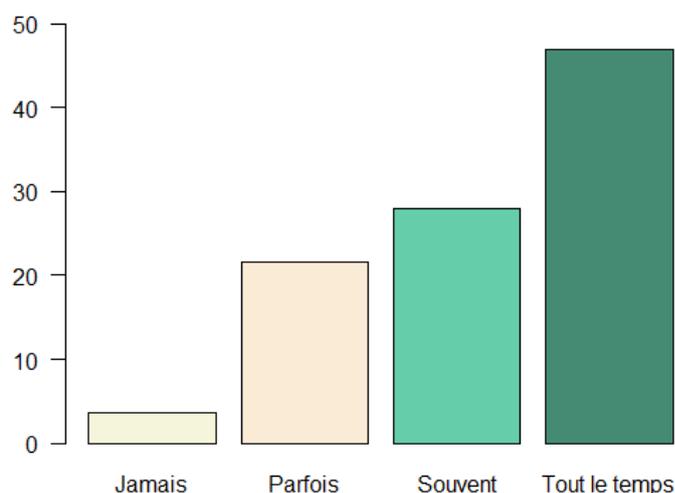
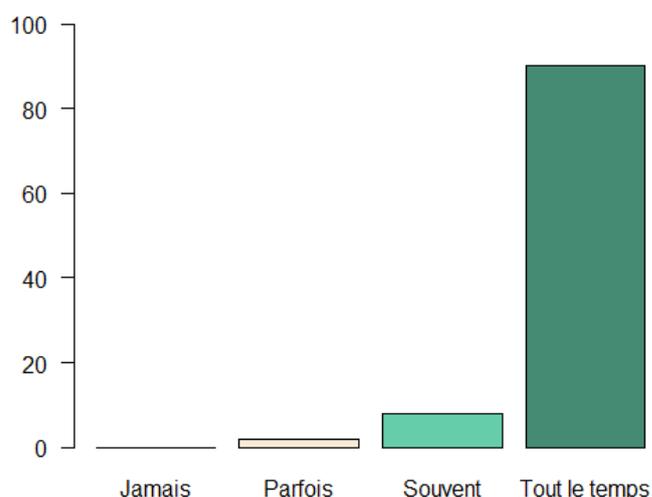
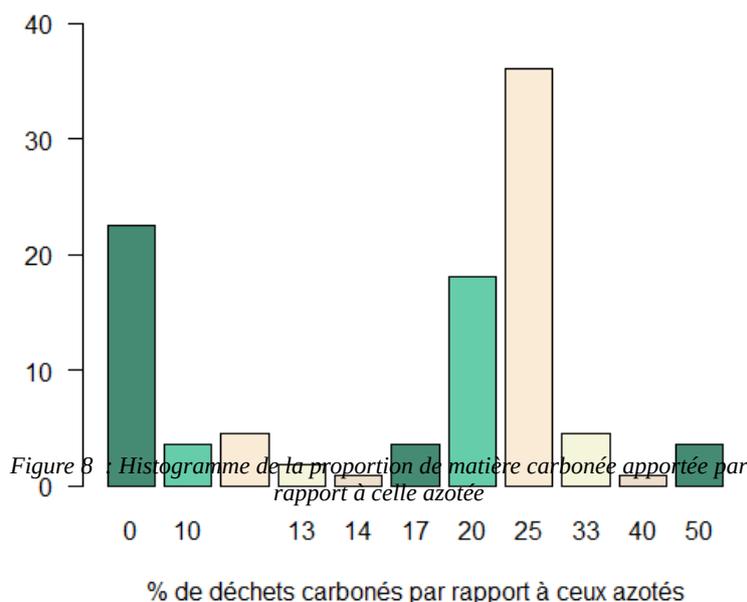


Figure 7 : Histogramme en % de la fréquence d'apport en matière carbonée

Pour la matière carbonée, 47% des répondant.e.s indiquent en apporter « Tout le temps ». Ce pourcentage est inférieur à celui pour la matière azotée (Figure 7). Cette différence de quantité entre la matière azotée et la matière carbonée est renforcée par leur proportion respective dans le seau des usager.e.s. Cette question était une question ouverte mais tous.les enquêté.e.s ont répondu par une fraction ou un pourcentage (Figure 8). Pour cette question, on observe une plus grande diversité de réponses. Plus de 20% des utilisateur.rice.s répondant.e.s n'apportent pas de matière carbonée. Moins de 10% des enquêté.e.s en apportent plus d'un tiers, cela est peu comparé aux besoins requis par le VC. En revanche, la majorité apporte un quart de matière carbonée.

Cette différence entre la quantité de matière carbonée recommandée et celle apportée peut créer des dysfonctionnements dans les VC : des odeurs



désagréables et une humidité trop importante qui favorise la moisissure et la fermentation des biodéchets. En pratique sur les VC étudiés certains peuvent effectivement être trop humides temporairement. Il faut aussi noter que la matière carbonée s'intègre mieux dans le VC si celle-ci est coupée en morceaux, ce qui est rarement le cas dans les VC. En revanche, le questionnaire a suscité des réactions positives chez certain.e.s. En effet, à la question ouverte 8, quant à la gestion et l'utilisation des VC, des enquêté.e.s mentionnent qu'ils.elles se sont rendu compte par le sondage que leur apport en matière sèche n'était pas assez conséquent et qu'ils.elles souhaitaient y remédier. Il sera intéressant d'observer, sur le long terme, les changements liés à cette « prise de conscience ».

#### ➤ Profil des répondants et satisfaction

Le questionnaire permet de mieux visualiser le profil des usager.e.s des VC. 66% des foyers sont composés de 2 adultes sans enfant (54% des foyers n'ont pas d'enfant). Les répondant.e.s sont pour 74% des femmes. 68% des enquêté.e.s ont entre 30 et 49 ans et on dénombre très peu de personnes âgées (4%). Presque 40% occupent un poste de cadre (administratif, commercial ou ingénieur) et 14,5% un poste dans l'information, l'art ou le spectacle. Les graphiques sont disponibles en Annexe 4.

On peut comparer ces données aux profils des habitant.e.s du 1<sup>er</sup> arrondissement de Lyon. 41% des personnes vivant dans ce quartier ont entre 30 et 59 ans. Cela montre que les répondant.e.s au questionnaire sont plus jeunes que les habitant.e.s de l'arrondissement. Un ménage est majoritairement (53,2%) constitué d'une personne seule. Le pourcentage de couples sans enfant s'élève à 18,7% et avec enfant(s) 14,8%. Comparé.e.s à ces données, les répondant.e.s du questionnaire vivent beaucoup plus en famille. Au niveau de la catégorie socio-professionnelle, 26,5% des habitant.e.s du 1<sup>er</sup> arrondissement ont un poste de cadres et professions intellectuelles supérieures. Ce chiffre est nettement inférieur à la proportion de cadres du questionnaire, cela confirme que les utilisateurs des VC appartiennent aux classes moyennes supérieures (Données 2018, INSEE, 2021). Au final, les données collectées avec le sondage montrent que les utilisateur.rices des VC sont généralement plus jeunes et vivent plus en famille que la majorité des habitants de l'arrondissement.

Ces résultats sont à relativiser car la population répondante fait l'effort de répondre, elle présente un intérêt pour le sondage et l'étude. Ces profils correspondent donc plutôt aux personnes inscrites sur un VC et ayant un intérêt pour le vermicompostage ou une envie de partager leur avis.

Enfin, les usager.e.s répondant.e.s sont globalement très satisfait.e.s de la gestion et l'utilisation des VC. Peu de personnes relèvent des points négatifs. Les remarques et propositions d'améliorations concernent les cadenas et la présence d'un manche pour répartir leur biodéchets. Ces réponses ont été transmises à l'association afin d'essayer de répondre au mieux à ces remarques. Les usager.e.s sont en demande d'informations et de conseils : il.elle.s se sentent concerné.e.s par le vermicompostage.

## 5. Discussion

Il paraît important de prendre du recul sur ces résultats. En effet, sur l'aspect quantitatif, les enquêté.e.s estiment eux-mêmes leurs apports. Bien que beaucoup de personnes doivent savoir le volume de leur contenant puisque celui-ci est souvent inscrit dessus, d'autres doivent estimer leurs apports de façon beaucoup plus subjective. Pour remédier à cela, il serait pertinent de faire d'autres expérimentations qui n'impliquent pas les utilisateur.rice.s (voir la partie II.B. Une approche quantitative).

De plus, comme le questionnaire était disponible en ligne, les personnes étaient libres d'y répondre ou non. Les répondant.e.s sont donc des personnes déjà impliquées car elles ont fait la démarche de prendre le temps de répondre aux questions. Cela peut constituer un biais sur certaines questions, notamment la satisfaction et les problèmes rencontrés.

Pour aller plus loin, il pourrait être intéressant de réaliser des entretiens pour approfondir les motivations, la satisfaction et comprendre si les usagers connaissent le processus de vermicompostage et ce qu'il implique. Bien qu'il existe des variations, les réponses collectées sont globalement homogènes dans les résultats et profils ce qui faciliteraient la sélection des individus pour les entretiens. Il serait pertinent de réaliser des entretiens sur la ville de Givors, autre ville étudiée dans le projet VALOR, pour comparer les profils et motivations des utilisateur.rice.s des VC. En revanche, mettre en place un questionnaire est beaucoup plus compliqué à Givors car les VC sont en libre accès. Il n'y a donc pas

de liste d'inscrit.e.s avec les contacts. C'est pour cela que les entretiens apparaissent comme étant la meilleure solution pour étudier les profils des usager.e.s de Givors. Pour estimer les apports à Givors, le protocole de pesées de terrain paraît plus adapté.

## B. Une approche quantitative : Pesées de terrain

Ce dispositif n'a pas été mis en place par manque de temps et surtout du fait de la saison estivale. En effet, durant cette période les vermicomposteurs reçoivent moins de déchets. Il serait donc plus pertinent de le réaliser à une autre période durant laquelle les vermicomposteurs fonctionnent à flux plus régulier. Cette partie décrit l'ébauche d'un protocole pour mettre en place cette expérimentation.

En plus de quantifier les apports, ces pesées permettent de confirmer les résultats obtenus dans le questionnaire de façon objective. Il peut être possible d'établir le ratio des pertes entre les entrées et les sorties dans le système en pesant les vermicomposts mûres sur lesquels les pesées d'entrées de matière ont été réalisées.

Pour cette expérimentation, il est possible d'étudier à la fois les vermicomposteurs lents et les rapides. Des seaux/poubelles sont déposés dans les vermicomposteurs. A l'extérieur, un affichage clair et bien visible invite les usager.e.s à déposer leurs biodéchets dans ces seaux. Ces derniers sont récupérés 2 à 3 fois par semaine et leur contenu est pesé. Les déchets sont alors remis dans les vermicomposteurs pour qu'ils soient décomposés.

Le suivi peut être réalisé sur une période d'un mois et/ou une semaine. Ces périodes peuvent être répétées sur plusieurs intervalles pour observer les variations d'apports selon les saisons. Pour que ce dispositif fonctionne, la communication avec les utilisateur.rice.s est primordiale.

La mise en place de cette idée de protocole peut être chronophage de par sa répétition et ses allers- retours entre les lieux de vermicompostage et le lieu de pesée.

## III. Suivi du processus de vermicompostage

### A. Matériel et méthode

#### 1. Objectifs :

Le premier objectif est de caractériser en fonction du pH, de l'humidité et de la température le processus de vermicompostage dans le temps au sein de la métropole de Lyon. Ce suivi a également pour but d'identifier les facteurs impliquant des dysfonctionnements et la façon dont ils se traduisent par rapport aux données mesurées. Ces analyses ont pour vocation d'aider à la gestion lors de la mise en place de nouveaux VC et de servir de base pour d'autres travaux réalisés dans le cadre de VALOR.

On cherche également à savoir quelle différence est observée entre les VC dits « lents » et ceux dits « rapides » au niveau de leurs caractéristiques chimiques.

## 2. Méthode :

L'étude porte sur 10 VC :

- 5 VC dits « rapides » du 1<sup>er</sup> arrondissement de Lyon
- 5 VC dits « lents » de Givors

Les données sont collectées grâce à deux sondes, un pH-mètre (ExStik Waterproof pH Meters, Models PH100 et PH110) et une sonde pour l'hygrométrie et la température (Agreto HFM II). Pour la température, la température extérieure est aussi relevée avec la sonde au niveau de chaque VC. L'écart entre la température extérieure et la température du VC sera calculé ce qui permettra de gommer les différences de température en lien avec la météo. Les relevés sont réalisés 1 fois par semaine pendant 4 semaines.

10 mesures sont effectuées à chaque passage selon la figure 2 : 5 dans le bac « Usager » c'est-à-dire dans lequel les utilisateurs réalisent leur apport et 5 dans le bac « Repos », le bac en maturation. Ces différentes mesures constituent des répétitions. Dans chaque zone de prélèvement (de 1 à 5), on mesure le pH, l'hygrométrie et la température. Il est important de bien déterminer quel bac est le bac « Usager » et lequel est le bac « Repos » pour ne pas croiser les données mesurées. Cependant, pour les VC « lents » étudiés, les bacs « Repos » étaient vides, seules les données du côté « Usager » ont été collectées.

Pour mesurer le pH, l'appareil n'allant que peu profondément, il faut creuser dans le vermicompost sur une dizaine de centimètres pour ne pas être dans la couche supérieure du VC. Pour l'humidité et la température, il suffit de planter la sonde dans le VC, à une quinzaine de centimètre de la surface. Parfois le vermicompost ne sera pas assez profond, il faudra alors adapter la prise de mesure. Dans tous les cas, il faut attendre la stabilisation des sondes (environ 30-45 secondes) avant de relever la mesure. Les données sont notées sur des fiches de suivi (Annexe 3) par VC remplies directement sur le terrain. Ensuite, elles sont saisies sur un tableur (Figure 10).

Il est important de noter que la période estivale peut fausser les données à cause des fortes chaleurs et de la diminution de la quantité de matière apportée. C'est pourquoi les relevés se poursuivront pendant un an à raison d'une série de mesures par mois.

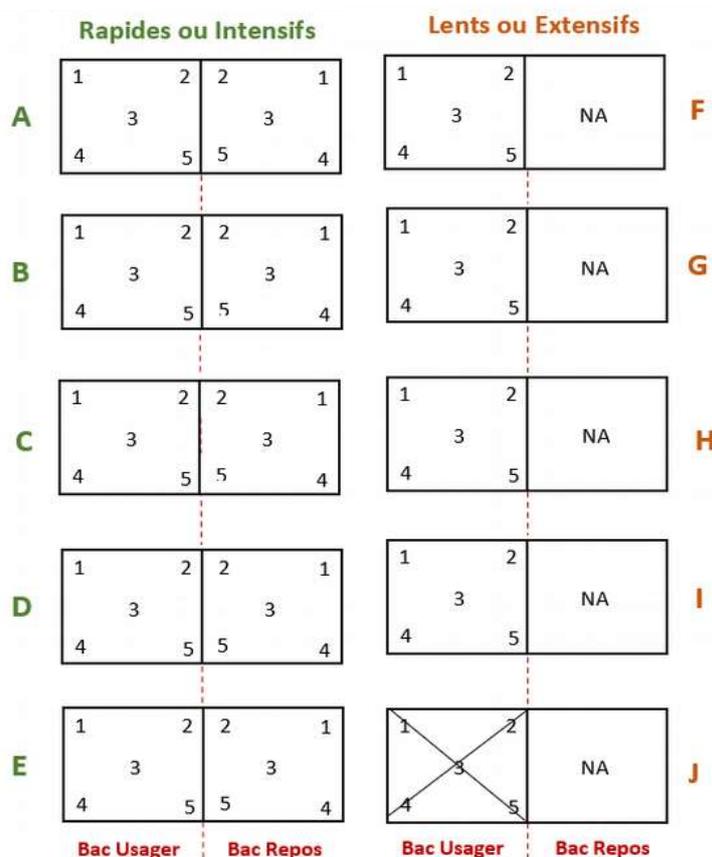


Figure 9 : Plan de collecte des données

Id	Date	Nprelev	VC	Annee	IdVC	Lieu	ModeGestion	NZonePrelev	LieuPrLong	LieuPrLarg	Bac	pH	Hm	Tvc	Text	EcTemp
1	26/07/2021	P1	Bellevue	2018	A	Lyon1	Inten	1	Ht	Ext	U	7,65	64	26	28,7	-2,7
2	26/07/2021	P1	Bellevue	2018	A	Lyon1	Inten	2	Ht	Int	U	7,62	64	25	28,7	-3,7
3	26/07/2021	P1	Bellevue	2018	A	Lyon1	Inten	3	Ce	Ce	U	7,61	65	26,5	28,7	-2,2
4	26/07/2021	P1	Bellevue	2018	A	Lyon1	Inten	4	Bas	Ext	U	7,65	64	27,6	28,7	-1,1
5	26/07/2021	P1	Bellevue	2018	A	Lyon1	Inten	5	Bas	Int	U	7,62	66	27,1	28,7	-1,6
6	26/07/2021	P1	Bellevue	2018	A	Lyon1	Inten	2	Ht	Int	R	6,91	63	24,4	28,7	-4,3
7	26/07/2021	P1	Bellevue	2018	A	Lyon1	Inten	1	Ht	Ext	R	6,9	60	24,4	28,7	-4,3
8	26/07/2021	P1	Bellevue	2018	A	Lyon1	Inten	3	Ce	Ce	R	7,61	65	24,4	28,7	-4,3
9	26/07/2021	P1	Bellevue	2018	A	Lyon1	Inten	5	Bas	int	R	7,23	65	25	28,7	-3,7
10	26/07/2021	P1	Bellevue	2018	A	Lyon1	Inten	4	Bas	Ext	R	7,68	65	25	28,7	-3,7
11	26/07/2021	P1	Colbert	2019	B	Lyon1	Inten	1	Ht	Ext	R	8,1	65	27,1	27,9	-0,8
12	26/07/2021	P1	Colbert	2019	B	Lyon1	Inten	2	Ht	Int	R	8,1	65	27	27,9	-0,9
13	26/07/2021	P1	Colbert	2019	B	Lyon1	Inten	3	Ce	Ce	R	8,04	65	28,1	27,9	0,2
14	26/07/2021	P1	Colbert	2019	B	Lyon1	Inten	4	Bas	Ext	R	8,05	65	27,1	27,9	-0,8
15	26/07/2021	P1	Colbert	2019	B	Lyon1	Inten	5	Bas	Int	R	8,1	64	27,1	27,9	-0,8

*Id : Identification de la mesure ; Nprelev : Numéro du prélèvement ; VC : Nom du VC ; Année : Année d'installation du VC ; IdVC : Lettre d'identification du VC ; ModeGestion : Mode de gestion du VC, Inten pour intensif ou rapide / Exten pour extensif ou lent ; NZonePrelev : N° de la zone de prélèvement (1 à 5) ; LieuPrLong et LieuPrLarg : Lieu de la zone de prélèvement dans le VC avec Ht = haut, Bas, Ce = Centre, Ext = Extérieur (sur le bord du VC), Int = Intérieur (proche du milieu entre les deux bacs) ; Bac avec U = Usager et R = Repos ; Hm en % ; Tvc : la température du VC en °C ; Text : la température extérieure en °C ; EcTemp : écart de température entre Tvc et Text.*

Figure 10 : Premières lignes du tableur des données collectées

## B. Données

Au départ, nous avons prévu un tableau avec 400 lignes correspondant aux 400 mesures (100 par prélèvement). Comme les bacs « Repos » du mode de gestion « Lent » sont vides, les mesures de pH, humidité et température pour ces zones n'ont pas pu être réalisées, de même pour le VC J (Marché des Vernes) en mode de gestion « Lent » auquel nous n'avons eu accès qu'une seule fois à cause d'un problème logistique. Ces lignes sont donc retirées. Le tableau final a donc 280 lignes correspondant aux 280 mesures réalisées. Les premières lignes de ce tableau sont en figure 10.

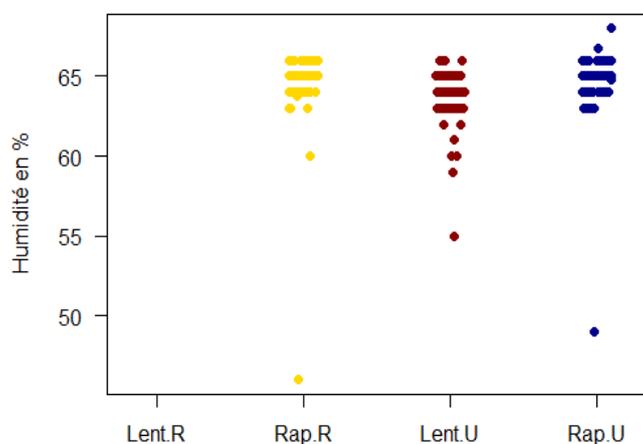
L'échantillon est donc composé des 280 mesures collectées. Parmi elles, on compte :

- Pour le mode de gestion : 82 mesures en extensif (ou lent) et 198 mesures en intensif (ou rapide),
- pour le bac : 100 mesures dans les bacs « repos » et 180 mesures dans les bacs « usagers »,
- pour la date (ou numéro) de prélèvement : 70 pour chaque prélèvement (P1 à P4).

## C. Analyses et résultats

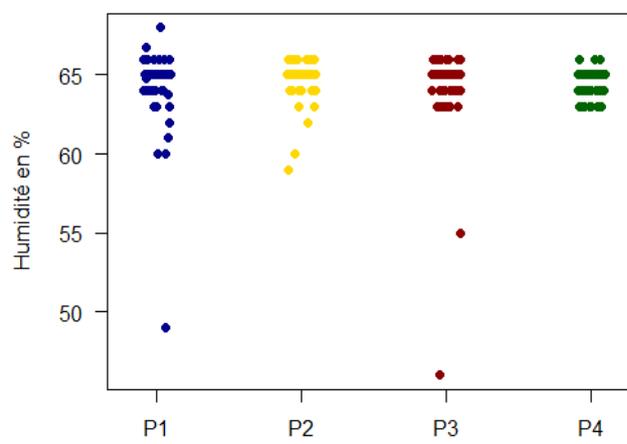
### 1. Analyses univariées globales

Pour commencer, on observe les variables seules. Pour l'humidité, les données sont particulièrement concentrées (90% des données) entre 63 et 66% (Figure 11 et 12). Quelques valeurs extrêmes persistent cependant. Elles peuvent être dues à des erreurs de mesures ou des variations locales. On en note quatre en particulier : 46, 49, 55 et 59%. Ces valeurs ont été mesurées sur 4 VC différents. Sur la figure 11, on remarque qu'il n'y pas de valeurs pour le groupe



Modes de gestion (Lent/Rapide) & Bacs (Usager/Repos)

Figure 11 : Stripchart de l'humidité en fonction du mode de gestion et du bac



Numéro de prélèvement

Figure 12 : Stripchart de l'humidité en fonction du numéro de prélèvement

en mode Lent et bac Repos (R), car comme mentionné dans la partie III.A.2, les bacs « Repos » des VC en gestion lente étaient vides.

Pour le pH, 90% des données oscillent entre 6,9 et 8,4 (Figures 13 et 14). On remarque 4 valeurs extrêmes de pH inférieures à 6. Trois de ces valeurs ont été mesurées sur des VC de Givors, en fonctionnement lent, ils étaient peu remplis et la mesure a été faite trop proche de la surface dans des déchets presque frais. De plus, ces 3 valeurs ont été obtenues dans les zones de prélèvement 3 et 5 (cf. Figure 9). Ces zones sont les endroits où les biodéchets s'accumulent car les plus accessibles lorsque l'on ouvre les VC. Cela peut expliquer ces pH si acides. On a, pour le reste, des pH plutôt légèrement basiques. Les coquilles d'œufs (riche en

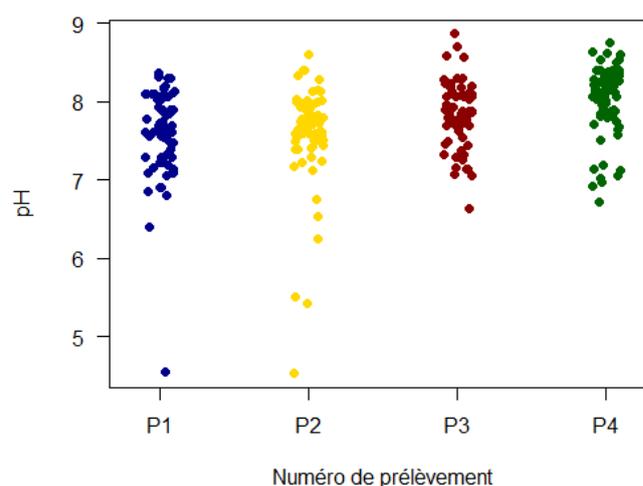
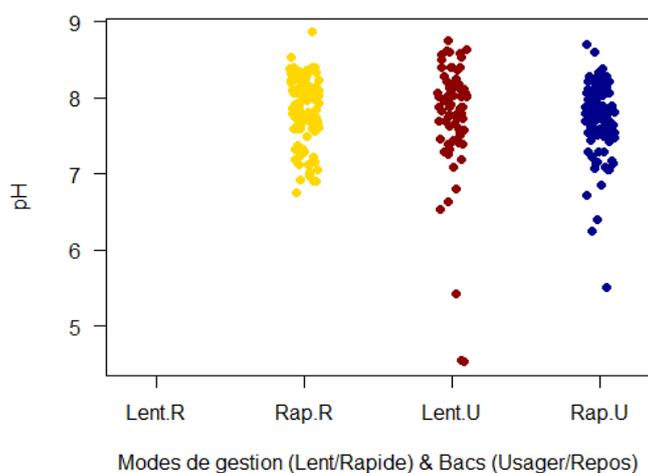


Figure 7 : Stripchart du pH en fonction du mode de gestion et du bac

Figure 74 : Stripchart du pH en fonction du numéro de prélèvement

calcium) apportées et l'action des vers ont effectivement tendance à augmenter le pH.

Pour l'écart entre les températures ( $T_{vc} - T_{ext}$ ), les variations sont plus importantes. 90% des valeurs sont comprises entre  $-4,78$  et  $4,90^{\circ}\text{C}$ . (Figure 15 et 16) L'écart est donc plus important par rapport aux autres variables. On remarque des légères variations entre les modes de gestion et bacs et aussi dans les numéros de prélèvements. Les valeurs du prélèvement P2 sont beaucoup plus étendues et le prélèvement P4 semble plus haut. Les analyses réalisées ensuite serviront à confirmer ou non ces premières approximations mais aussi à voir si ces variations sont significatives.

## 2. Analyse descriptive multivariée : Analyse en Composantes Principales

Pour visualiser et décrire les données, nous avons commencé par faire des Analyses en Composantes Principales (ACP). Son objectif est de représenter sous forme graphique l'information contenue dans un tableau de données quantitatif. Nous avons 3 variables quantitatives (pH, humidité et écart entre la température du VC et la température extérieure). Les individus se trouvent donc dans un tableau à 3 dimensions. Le rôle de l'ACP est de trouver des plans (2 dimensions)

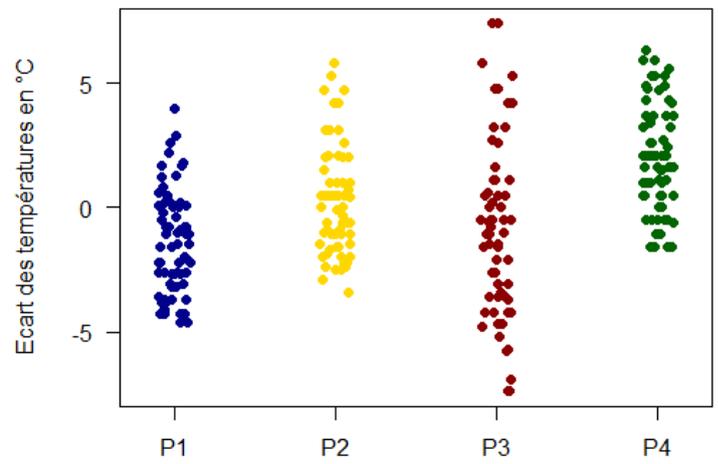
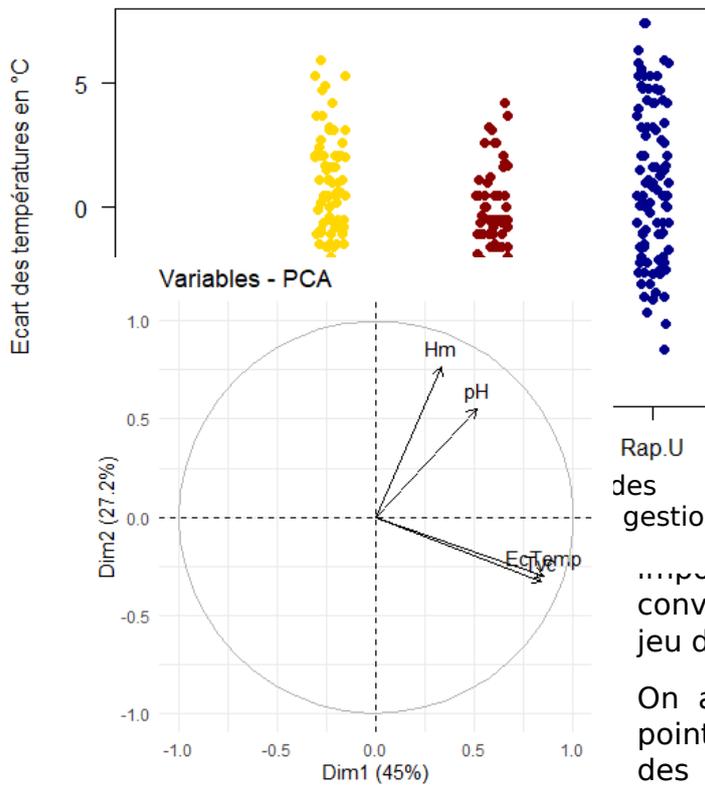


Figure 96 : Stripchart des écarts des températures en fonction du numéro de prélèvement important, et ce plan représente donc convenablement la variabilité contenue dans le jeu de données.

On ajoute ensuite sur le plan l'ensemble des points. Sur la figure18, sont présents l'ensemble des mesures groupées selon leur mode de gestion : extensif et intensif.

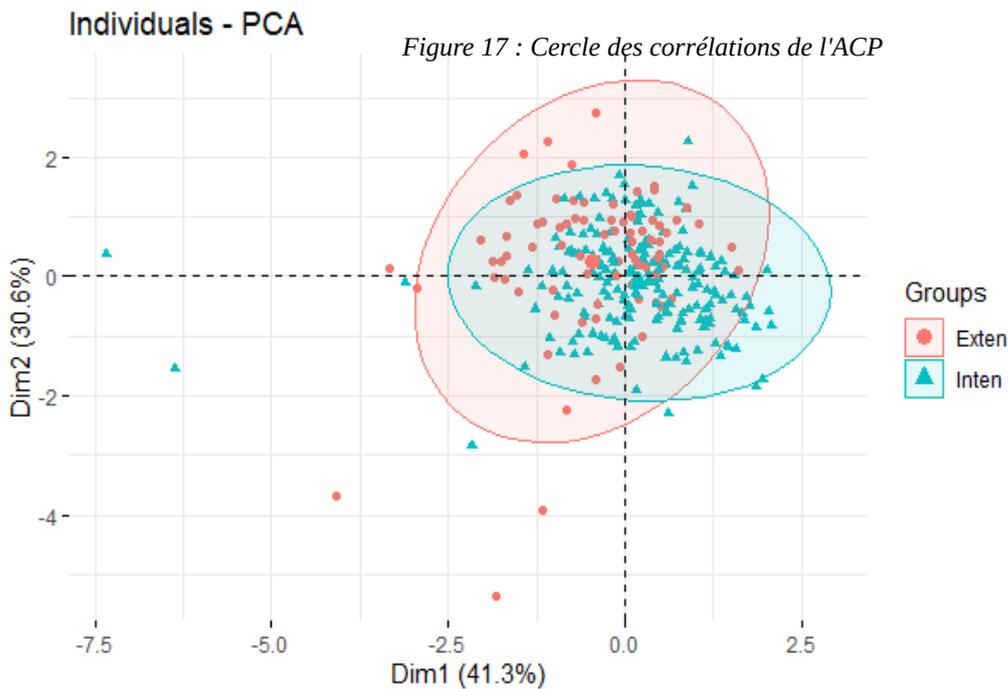


Figure 10 : Graphique des individus avec comme facteur illustrer les modes de gestion

A première vue, on remarque que les valeurs semblent regroupées au centre du plan sauf quelques exceptions. Les exceptions sont situées dans la partie en bas à droite : il s'agit des valeurs extrêmes de pH et d'humidité.

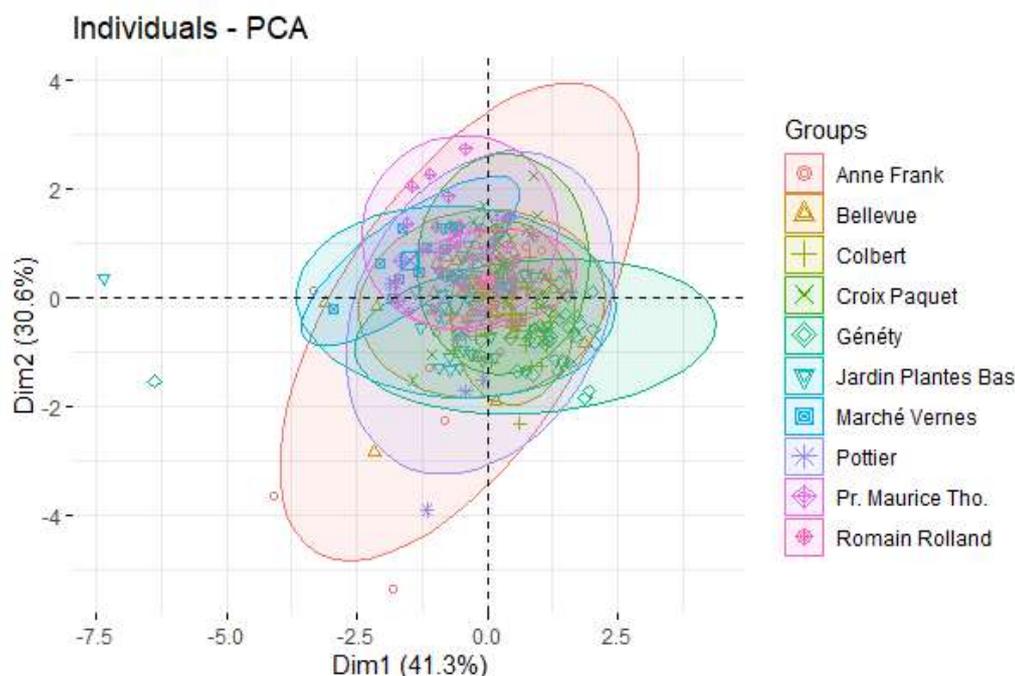


Figure 19 : Graphique des individus avec comme facteur illustratif les VC

La figure 19 représente les données sur le plan en fonction des VC. Les ellipses représentent des intervalles de confiance à 95%. Pour les VC, on note que certains sont beaucoup plus variables, c'est le cas d'Anne Frank par exemple. Cette ellipse est étirée vers le bas à cause de valeurs extrêmes de pH. Toutes les ellipses se superposent ce qui peut laisser penser qu'il existe peu de différence entre les VC. Le même constat peut être fait pour le numéro de prélèvement : on n'observe pas d'ellipses totalement séparées.

Les ACP permettent de bien visualiser les données. A première vue, les données paraissent homogènes. Cependant, cette description des données ne constitue pas une preuve statistique ; c'est pourquoi nous avons effectué Anova.

### 3. Comparaison entre moyennes : ANOVA

#### a. Plan d'analyse

L'hypothèse de départ est que les modes de gestion sont des processus légèrement différents qui ont donc des caractéristiques différentes dans le temps. On cherche en revanche à démontrer que le processus de vermicompostage est un processus homogène selon les modes de gestion, les VC et dans le temps.

On effectue des comparaisons de moyenne avec des tests ANOVA pour savoir si les variations entre modes de gestion, bacs, VC et date de prélèvement (temps) sont statistiquement significatives. Avec les données collectées, il n'est pas possible de comparer tous les paramètres en même temps. Les analyses sont donc réalisées en 3 parties.

La première compare les modes de gestion, les VC et la date de prélèvement des bacs usagers (des deux modes de gestion « Lent » et « Rapide »). La deuxième ANOVA étudie les VC intensifs (rapides) et compare les bacs « Usager » et « Repos » dans le temps. La dernière ANOVA étudie les VC extensifs (lents) et compare les différents relevés entre VC dans le temps. Ces 3 types d'ANOVA sont répétés pour chaque variable (pH, humidité et écart de température). On obtient au final 9 résultats.

Dans cette partie, certaines valeurs extrêmes ont été mises de côté afin d'observer les différences sans prendre en compte des valeurs aberrantes. Ces valeurs sont les 4 valeurs de pH inférieures à 6 ainsi que les 4 mesures d'humidité inférieures à 60%. Ces valeurs sont décrites dans la partie III.D.1. Elles ont été retirées car elles risquaient de faire apparaître des différences et d'en gommer d'autres plus pertinentes pour l'étude. Aucune valeur d'écart de température n'a été retirée. Le fait d'avoir retiré certaines données de pH et d'humidité modifie peu les résultats. Lorsque les résultats des tests d'ANOVA sont significatifs sans, ils le sont aussi avec. En revanche, lorsqu'il n'a pas de significativité le résultat peut être légèrement modifié mais la significativité obtenue n'est jamais très forte. Elle montre alors surtout que la valeur extrême est une valeur aberrante.

Les tests de validation des ANOVA ont été réalisés à chaque fois. La normalité et l'homoscédasticité des résidus sont vérifiées pour chaque traitement. Les moyennes des résultats significatifs ( $p < 0,05$ ) sont ensuite comparées par paires avec un test de Tukey. Cela permet d'identifier si la significativité est liée à un traitement en particulier ou à plusieurs traitements.

#### b. Comparaison des modes de gestion (Lent/Rapide) à partir des bacs « Usagers » (U)

Dans cette partie, on étudie à partir de tous les bacs « Usagers », les différences entre les modes de gestion et les VC. On ajoute aussi le facteur temps (date de prélèvement).

##### ➤ pH

Les résultats de cette ANOVA indiquent une significativité pour tous les traitements testés sauf pour le mode de gestion ( $p$ -value de  $0,06 > 0,05$ ). On a une forte significativité pour la date de prélèvement ( $p = 4,53 \times 10^{-8}$  soit  $< 0,05$ ). Lorsque l'on compare les moyennes par paires, on remarque que seul le prélèvement P4 est significativement différent de tous les autres. On observe ce décrochage à l'œil nu sur la figure 20. En effet, sur le mode de gestion extensif, les valeurs de pH en P4 augmentent pour tous les VC. Le même phénomène est présent pour les VC dits rapides même si l'augmentation paraît plus subtile. Il n'y a pas de fait particulier qui expliquerait cette augmentation. Cette augmentation ne présente pas de risque puisque le pH reste dans les conditions de vie des vers de terre (entre 5 et 9). En revanche, il serait intéressant de voir si cette augmentation correspond à une augmentation ponctuelle, à l'atteinte d'un plateau ou à une montée continue. Dans ce dernier cas, cette augmentation pourrait être un risque pour le bon fonctionnement des VC.

Quant au mode de gestion, il n'apparaît statistiquement pas comme une source de variation du pH dans les bacs Usagers.

VC 

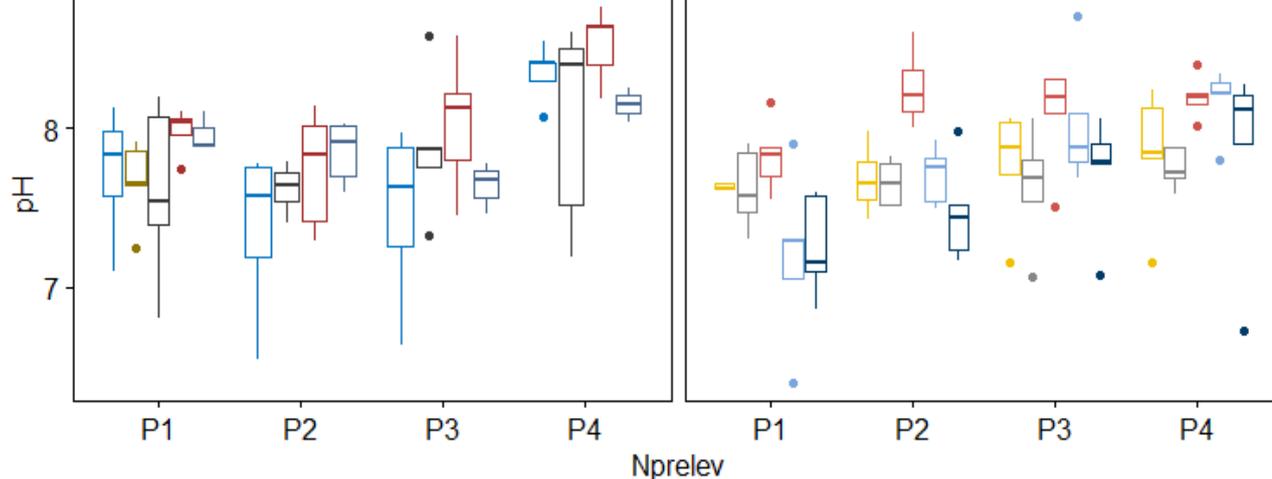


Figure 20 : Boxplots de pH en fonction des VC, numéro de prélèvement et mode de gestion, supérieures à celle du P1 dans le mode extensif et à celles du P4 dans les modes de gestion.

VC Anne Frank Colbert Généty Marché Vernes Pr. Mai  
 Bellevue Croix Paquet Jardin Plantes Bas Pottier Romair

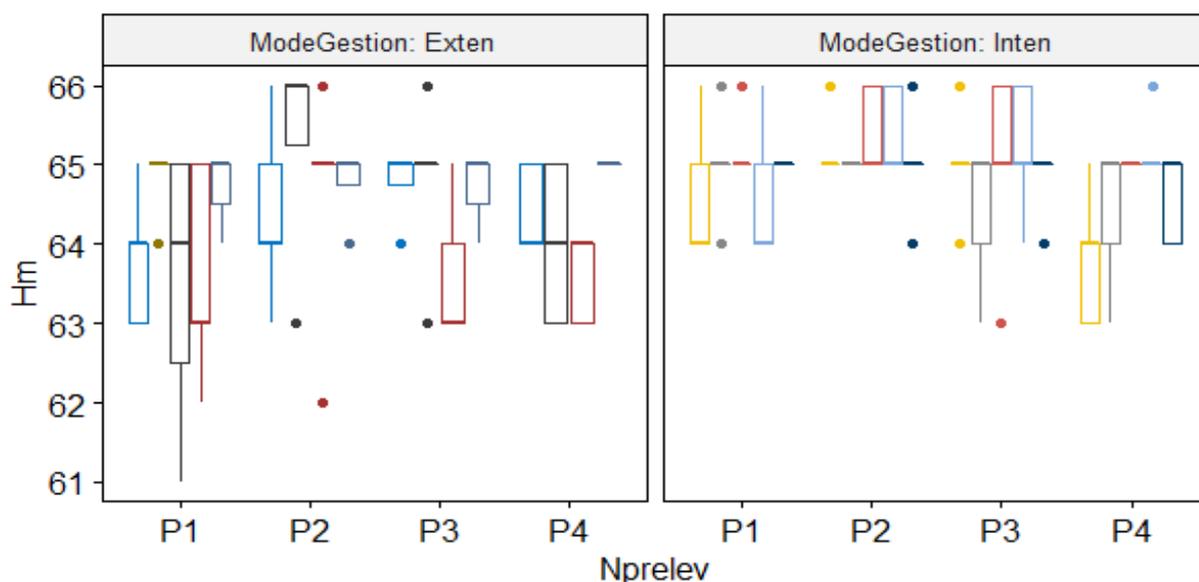


Figure 21 : Boxplots de l'humidité en fonction des VC, date de prélèvement et mode de gestion

### ➤ Ecart entre les températures

Les résultats pour cette ANOVA indiquent une significativité pour tous les traitements. Ils montrent une très forte significativité pour les VC avec une p-value de  $2,82 \times 10^{-45}$ . Les p-value des autres facteurs, le mode de gestion et le date de prélèvement, sont aussi inférieures à 0,05 mais sont quand même beaucoup plus élevés que celles pour les VC, respectivement  $3,20 \times 10^{-7}$  et  $2,17 \times 10^{-23}$ . Les interactions sont peu significatives. La comparaison par paires pour chaque facteur (mode de gestion, VC et date de prélèvement) montre que quasiment toutes les paires sont significatives. Cela explique les p-value très basses obtenues. La figure 22 présente bien ces significativités, chaque traitement semble différent des autres. On peut aussi noter que le VC de Généty a des écarts de températures supérieurs aux autres VC. Cela est lié au fait que ce VC est l'un des plus chargés en termes de biodéchets d'après les estimations du questionnaire (cf. figure 3). Par conséquent, il est plus enclin à chauffer

légèrement lorsque celui-ci est temporairement surchargé. A l'inverse, pour le VC de la Promenade Maurice Thorez (Pr. Maurice), qui est le VC le moins utilisé des 10 étudiés, ces écarts de températures sont très faibles et négatifs.

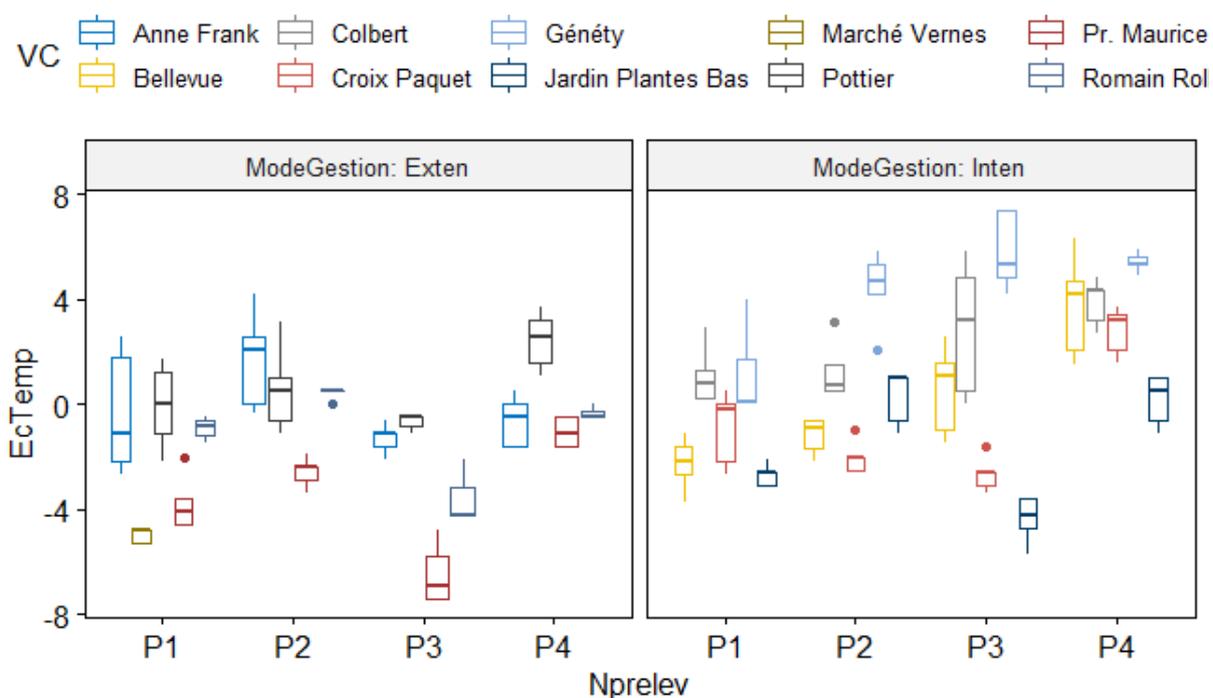


Figure 22 : Boxplots de l'écart des températures en fonction des VC, numéro de prélèvement et mode de gestion

Au final, pour ce type d'ANOVA sur les bacs « Usagers », seul le pH ne semble pas être influencé par le mode de gestion. Pour l'humidité et la température, les différences significatives pour la date de prélèvement, les VC et le mode de gestion laissent penser que ces bacs fonctionnent de façon indépendante entre eux et dans le temps, c'est-à-dire qu'on ne peut pas dire que le processus est statistiquement homogène pour les VC, le mode de gestion et cela dans le temps.

### c. Comparaison des VC intensifs (Rapides)

Dans cette partie, on étudie à partir des VC « Intensifs », les différences entre les bacs(U/R) et les VC. On ajoute aussi le facteur temps (date de prélèvement).

#### ➤ pH

Les résultats de cette ANOVA indiquent une significativité importante pour le facteur VC ( $p=1,61 \times 10^{-16}$ ). Les moyennes de pH des VC sont donc statistiquement significativement différentes. La p-value des numéros de prélèvement est significative ( $p=8,25 \times 10^{-7}$ ). Il y a donc des variations significatives de pH dans le temps pour les VC intensifs. En revanche, la différence de pH entre les bacs usagers et au repos n'est pas significative ( $p=0,14$ ). Les interactions sont peu significatives sauf pour celle entre les VC et les bacs ( $p=7,58 \times 10^{-5}$ ). Cette interaction est visible sur la figure 23. Par exemple, le VC du Jardin des plantes a un pH très différent entre ses bacs notamment en P4. Ces différences peuvent être dues au degré de maturation du bac repos, au

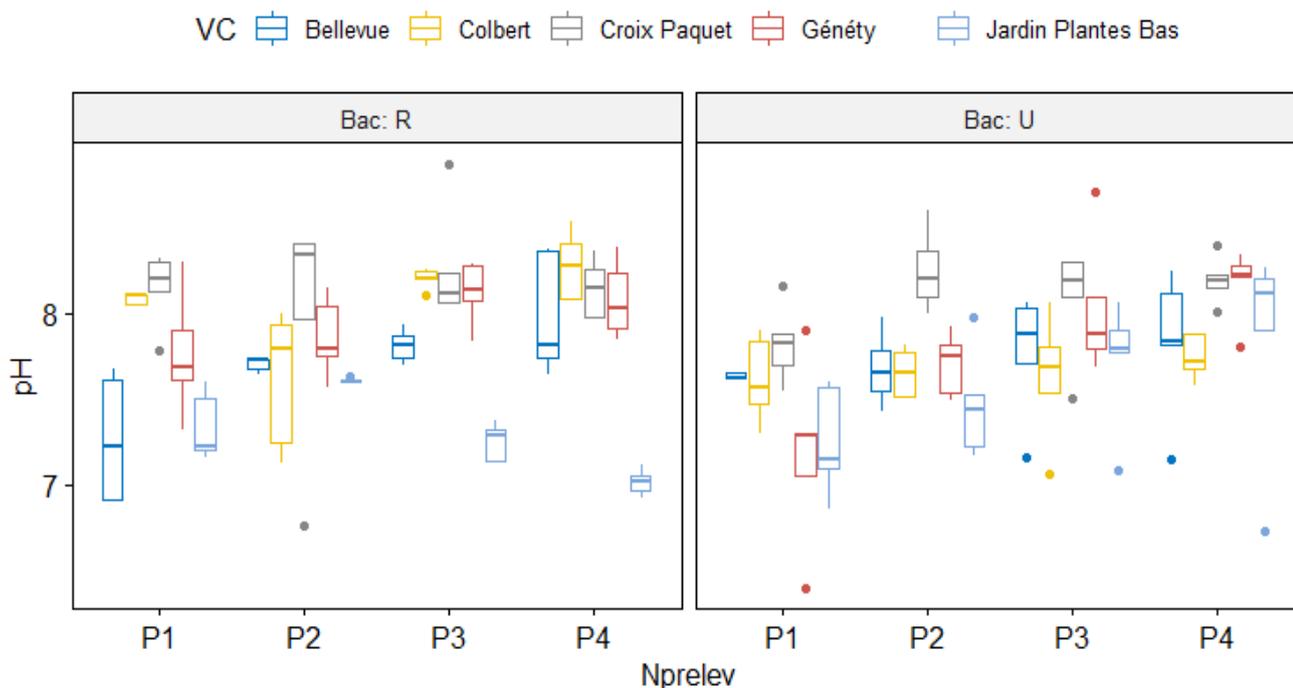
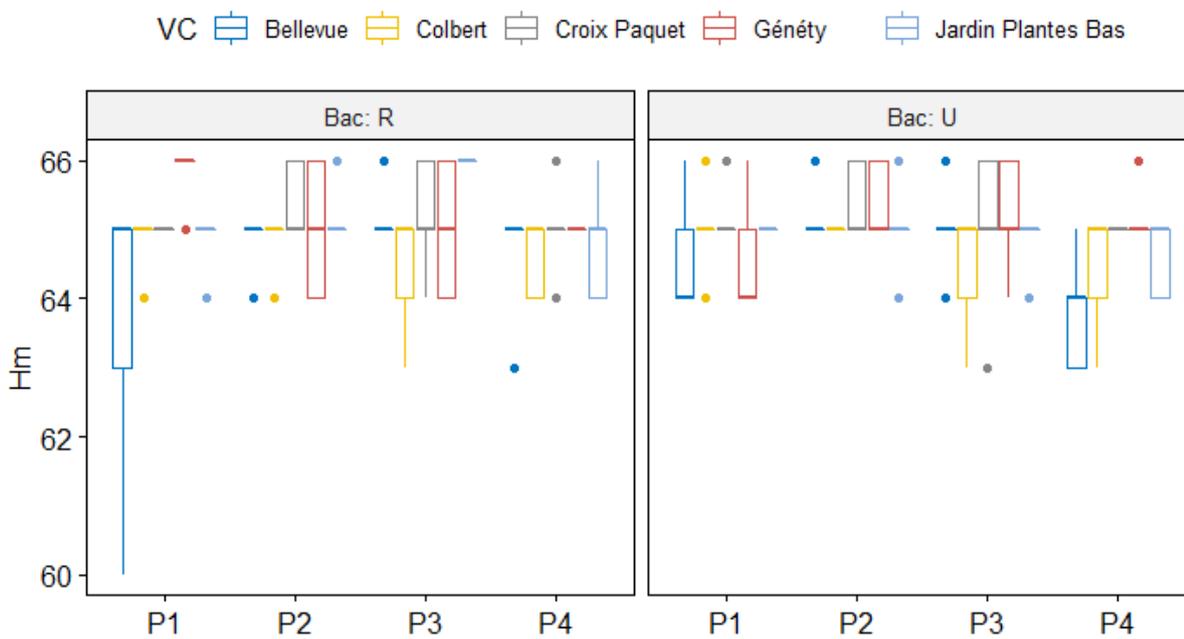


Figure 23 : Boxplots du pH du mode de gestion intensif en fonction des VC, des bacs et des numéros de prélèvement

chargement en biodéchets du bac usager ou à la fréquence de changements de cadenas entre les deux bacs. Lorsque l'on compare les VC par paires, aucun VC ne ressort, ils apparaissent comme quasiment tous différents deux à deux. Par contre pour les prélèvements, le P1 est significativement très différent de P3 et P4.

➤ **Humidité**

Pour l'humidité, la différence entre les bacs « Usager » et « Repos » n'est pas significative ( $p=0,72$ ). On peut dire que, statistiquement, il n'y a pas de différence entre les bacs en gestion intensive pour l'hygrométrie. Pour les facteurs VC et date de prélèvement, les différences sont légèrement significatives avec des p-values respectivement égales à  $6,74 \times 10^{-4}$  et 0,04. Il n'y



pas d'interactions significatives entre les facteurs. La figure 24 présente les données de ce test.

➤ **Ecart entre les températures**

Les résultats sur les écarts de température en gestion intensive sont similaires à ceux obtenus à la première ANOVA sur l'écart des températures (cf. partie III.D.3.b). En effet, on observe une très forte significativité pour le facteur VC ( $p=8,05 \times 10^{-57}$ ). Les écarts de température entre les VC sont significativement différentes. De même pour le date de prélèvement puisque que sa p-value s'élève à  $1.48 \times 10^{-44}$ . Pour le facteur bac, la p-value est aussi très significative ( $p=3.75 \times 10^{-10}$ ). Les interactions entre les facteurs sont aussi significatives sauf pour celle entre les VC et les bacs. La figure 25 présente les données de ce test.

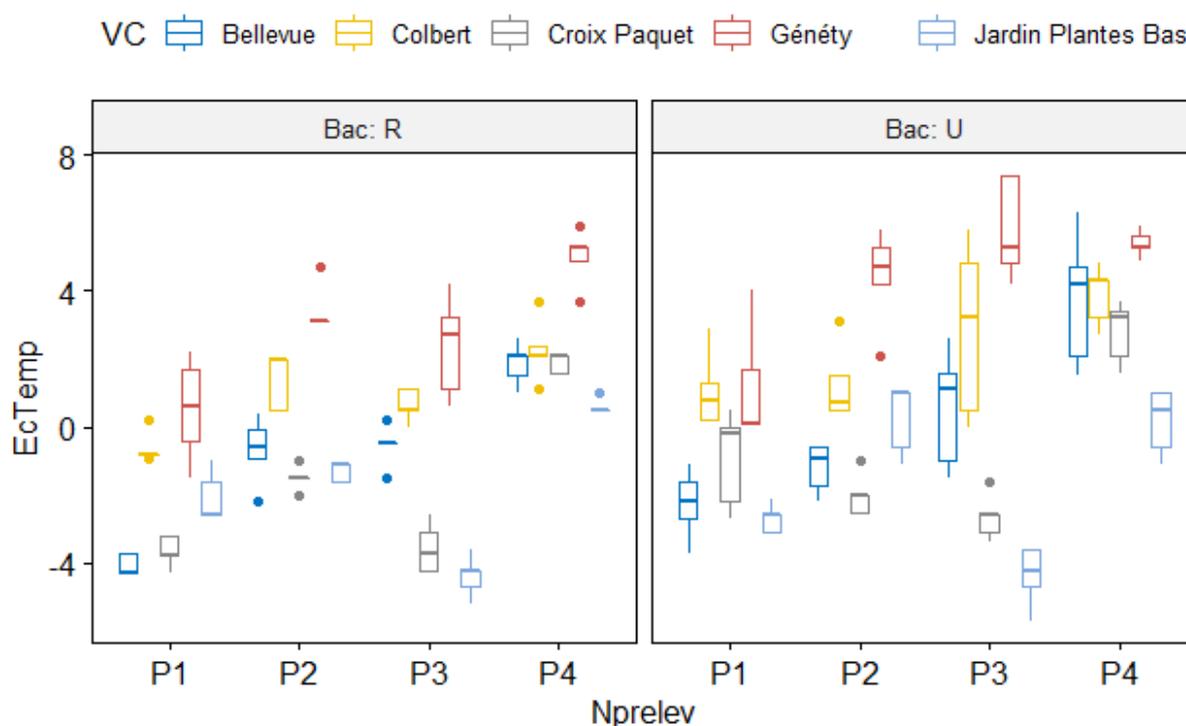


Figure 25 : Boxplots de l'écart des températures du mode de gestion intensif en fonction des VC, des bacs et des numéros de prélèvement

d. Comparaison des VC extensifs (Lents)

Dans cette partie, on étudie à partir des VC « Extensifs » (donc seulement les bacs « Repos »), les différences entre les VC. On ajoute aussi le facteur temps (date de prélèvement).

➤ **pH**

Ce test d'ANOVA sur le pH indique une différence significative entre les numéros de prélèvements, autrement dit dans le temps avec une p-value égale à  $1,24 \times 10^{-4}$ . Lorsque l'on compare les moyennes par paires, on se rend compte que seul le prélèvement 4 rend significatif le résultat pour le facteur temps. En effet, seules les paires P4-P2 et P4-P3 sont significativement différentes. Pour le facteur VC, seule la paire entre Pr. Maurice Thorez et Anne Frank est significativement différente ( $p=0,035$ ). On voit bien sur la figure 26 les différences de pH entre ces deux VC. On peut expliquer ces légers écarts par le fait que le VC d'Anne Frank

est le plus chargé des VC sur Givors, il a donc plus de biodéchets frais qui peuvent acidifier le milieu. A l'inverse, celui du Pr. Maurice Thorez est le VC étudié le moins utilisé : le bac usager peut s'apparenter à un bac en maturation par endroit, le pH a donc déjà été neutralisé par les vers de terre.

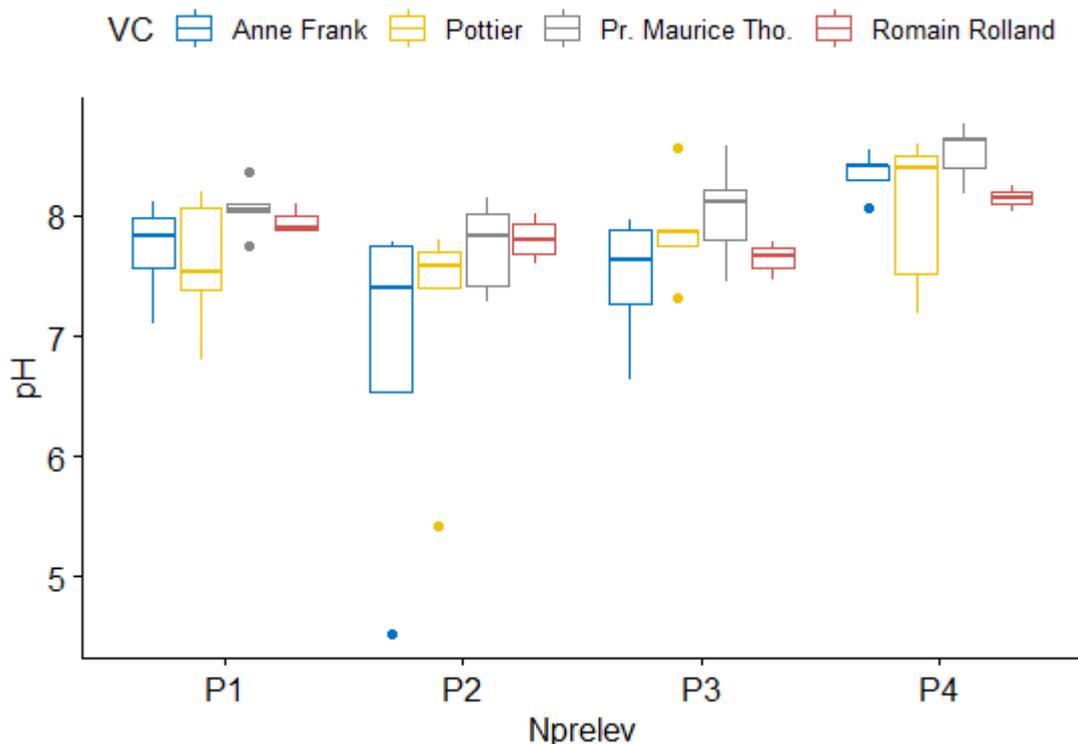


Figure 26 : Boxplots du pH du mode de gestion extensif en fonction des VC et des numéros de prélèvement

Pour expliquer la hausse générale de pH en P4, on peut mentionner que lors des mesures, on a noté une baisse des apports cette semaine-là, les biodéchets ont donc eu plus le temps d'être décomposés. Cela a pu avoir un impact sur le pH et pourrait expliquer cette légère augmentation.

➤ **Humidité**

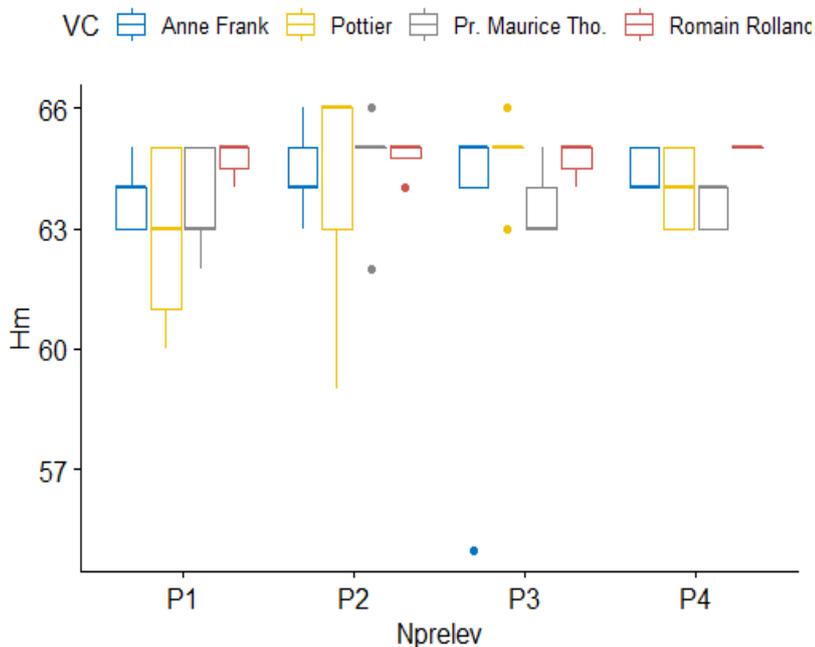


Figure 27 : Boxplots de l'humidité du mode de gestion extensif en fonction des VC et des numéros de prélèvement

Pour cette ANOVA, aucun des facteurs (ni le VC, ni le date de prélèvement) n'a d'effet significatif sur l'humidité. On a une p-value égale à 0,55 pour le date de prélèvement et à 0,43 pour le facteur VC. Autrement dit, il n'y a pas de différence statistique d'humidité selon les VC ni dans le temps pour le mode de gestion lent. La figure 27 montre l'homogénéité des données pour ce test : les valeurs sont centrées autour de 65%.

### ➤ **Ecart entre les températures**

Comme pour les précédents tests sur les écarts de températures, les deux facteurs sont très significatifs et leur interaction aussi ( $p=0,001$ ). Pour le facteur VC, la p-value est de  $9,73 \times 10^{-15}$  et pour le date de prélèvement, elle est de  $8,36 \times 10^{-11}$ . Les VC et le temps ont donc un impact sur l'écart aux températures. Les données du test sont représentées dans la figure 28.

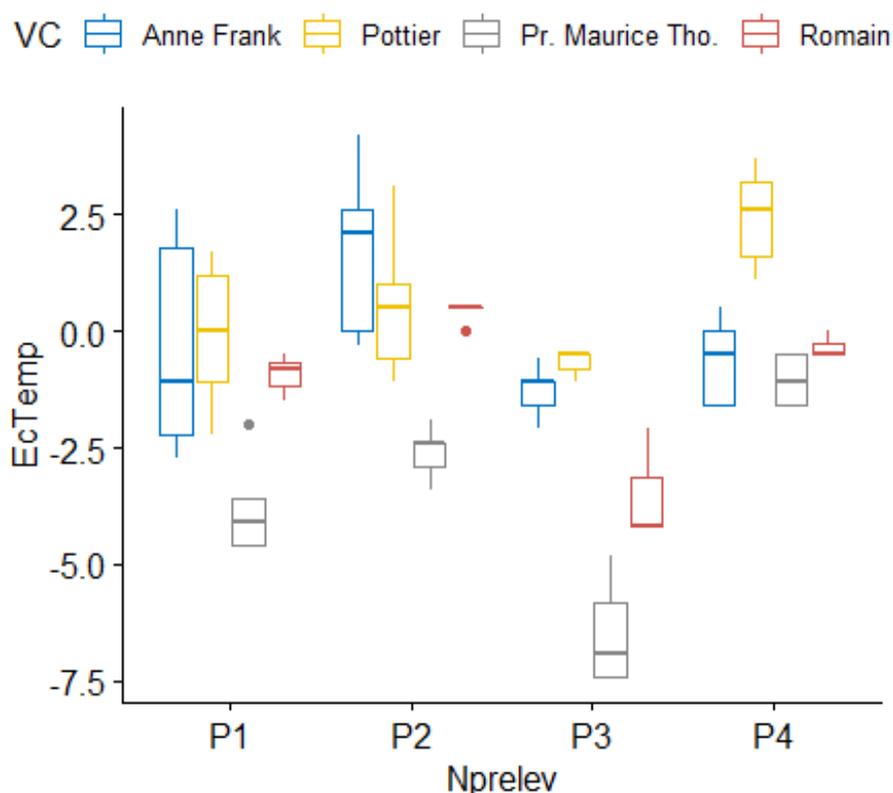


Figure 28 : Boxplots des écarts entre les températures du mode de gestion extensif en fonction des VC et des numéros de prélèvement

#### e. Bilan

Au final, on remarque que, d'une façon générale, des variations significatives sont notables alors que celles-ci n'étaient pas visibles avec l'ACP. L'humidité apparaît comme la variable la plus stable avec peu de différences significatives pour les 3 ANOVA. En revanche, l'écart entre les températures est la variable la plus changeante selon tous les facteurs. Cela peut s'expliquer en partie par le fait que l'écart entre les températures a été calculé avec la température extérieure du jour de la mesure. Or, les prélèvements ayant eu lieu le matin, la température du VC, en plus d'être dépendante de la charge en biodéchets et de la température extérieure du jour, est aussi fonction de celle de la veille. Cependant cette hypothèse n'explique pas tout, on peut donc simplement conclure que la température est la mesure la plus variable. Pour le pH, le mode de gestion n'a pas d'impact sur cette variable. En revanche, il varie dans le temps et selon les VC. Il est, par conséquent, surtout fonction de la quantité des apports en biodéchets, comme on a pu le voir avec le VC Généry ou celui du Pr. Maurice Thorez.

### 4. Discussion

Les tests d'ANOVA ont permis de mettre en évidence que le processus de vermicompostage n'était pas homogène entre les VC, selon les bacs et selon les modes de gestion pour les mesures de pH, d'humidité et de température. Cependant, on peut remettre en cause la pertinence de ces résultats. En effet, les tests statistiques ont trouvé des différences significatives mais l'on voit bien que les valeurs des variables sont bien encadrées : entre 7 et 8,3 pour le pH et entre 63 et 66% pour l'humidité. Les écarts de température sont plus étendus car ils dépendent directement de la météo mais d'une façon générale, les VC (sans dysfonctionnement) oscillent entre -5 et +5°C autour de la température extérieure. La température dans les VC semble principalement varier avec la température extérieure. Le vermicompostage est un processus qui fait intervenir des êtres vivants (majoritairement des vers de terre) qui modifient en continu les caractéristiques de leur environnement. On peut donc penser que le processus est stable tant que les conditions de vie des vers de terre sont respectées. Celles-ci le sont si on regarde les intervalles des données collectées.

Il pourrait aussi être intéressant d'étudier le processus à travers d'autres variables comme la densité ou la teneur en différents composés (azote, carbone, calcium,...). Ces variables sont plus difficiles à mesurer de manière continue alors que le but de cette étude est que l'obtention des données soit reproductible facilement.

Enfin, cette étude va être poursuivie sur une durée d'au moins un an à raison d'un prélèvement (10 mesures) par VC étudié par mois. Cela permettra d'approfondir les résultats obtenus et d'observer l'évolution des différentes variables sur le long terme. Par exemple, il sera pertinent de voir si le pH atteint un seuil rapidement à un certain point de maturation ou si celui augmente continuellement. On pourra aussi observer les différences saisonnières et voir si les variables évoluent au même titre que la quantité et le type de biodéchets selon les périodes de l'année.

## IV. Etude sur la biodiversité dans les vermicomposteurs

### A. Contexte de l'étude

Les vermicomposteurs constituent des écosystèmes pour de nombreuses espèces. Le but de cette expérimentation est d'étudier la biodiversité au sein de vermicomposteurs. Pour cette étude, seules la macrofaune et la mésofaune du sol ont été étudiées. La macrofaune est composée des animaux entre 4 et 80 mm. Les vers de terre, les larves d'insectes et autres animaux vivant dans le sol (carabes, cloportes, limaces, myriapodes, etc.). La mésofaune est la classe en dessous de la macrofaune : elle regroupe les animaux entre 0,2 et 4 mm, c'est-à-dire les microarthropodes comme les acariens et les collemboles (Deprince, 2003).

Une hypothèse est que le processus de vermicompostage soit un réservoir de biodiversité plus important pour la macrofaune et la mésofaune que le compostage thermophile. En effet, la chauffe dans ce type de compostage peut atteindre 70°C ce qui pourrait faire fuir la faune du compost contrairement au vermicompostage où la température reste proche de la température ambiante. Les études à ce sujet restent éparses et mériteraient d'être approfondies.

Notre étude ne compare pas la biodiversité des VC et des composteurs. Elle vise simplement à observer la biodiversité au sein des vermicomposteurs et s'il y a des variations entre les VC étudiés.

### B. Protocole

Les VC étudiés sont les mêmes que pour les précédents protocoles. Il s'agit des 5 VC en fonctionnement « rapide » du 1<sup>er</sup> arrondissement sélectionnés pour le protocole de mesures (pH, humidité et température).

On pose un piège Barber au milieu du bac « Repos » de chaque VC. Le bac au repos est utilisé pour éviter que le piège soit recouvert de biodéchets. Pour le piège Barber, on utilise un pot d'une dizaine de cm, rempli de moitié aux deux tiers d'alcool à 90°. Ce pot est enterré dans le VC de façon à ce que le haut des bords du pot soit au ras du niveau du sol (Figure 29). Dans notre expérience, la protection contre la pluie n'est pas utile car les VC sont fermés par des couvercles. Les pièges sont laissés en place pendant 1 semaine avant d'être récupérés. Un des pièges n'a pas fonctionné, il n'y a donc que 4 pots à analyser. Les pièges Barber sont habituellement posés au printemps ou en automne, lorsque la faune est la plus active. Dans notre cas, nous étudions un milieu quasiment fermé et protégé, la période de pose de ces pièges a moins d'importance.

Les analyses de ces pièges sont réalisées par Des Espèces Parmi'lyon, une association qui œuvre pour la sensibilisation et la protection de la biodiversité en ville. Il s'agit d'identifier les différentes espèces présentes et leur abondance. Les

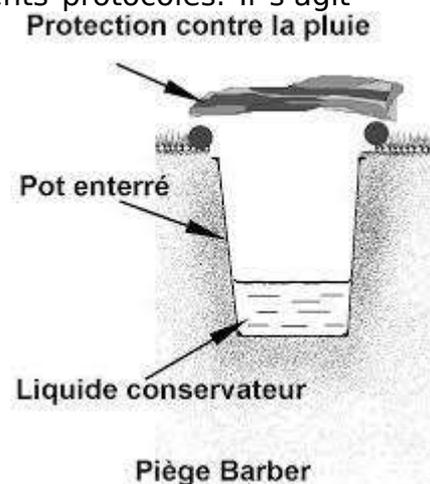


Figure 29 : Schéma d'un piège Barber, par B. Meriguet, ONF Landes Nord-Aquitaine

analyses n'étaient pas finies au moment de la fin du stage et ne figurent donc pas dans ce document. Il serait intéressant de refaire ces expériences à une autre saison et de comparer avec des pièges Barber posés dans les VC en fonctionnement « lent ».

## Conclusion

Au final, le questionnaire a permis d'estimer plus ou moins précisément les apports faits au sein des VC et de confirmer les hypothèses émises par l'association Eisenia. Les utilisateurs sont très satisfaits des VC. Le questionnaire a aussi mis en évidence le profil des foyers inscrits : des ménages de 2 personnes plutôt jeunes appartenant à des classes supérieures. Cet aspect sociologique pourra être approfondi dans le cadre du projet VALOR à travers des entretiens de différents acteurs de la filière de vermicompostage.

Pour la caractérisation du processus, nous avons montré que bien qu'il existe des différences statistiques à travers les facteurs que nous avons étudiés (température, pH et humidité), il est néanmoins facile de caractériser des fourchettes de valeurs par facteurs : entre 7 et 8,3 pour le pH, entre -5°C et +5°C pour la température par rapport à celle extérieure et entre 63 et 66% pour l'humidité. Ces intervalles respectent les exigences écologiques des vers de terre et le bon déroulement du processus. Ces données seront utilisées dans la suite du projet VALOR, notamment dans la rédaction d'un guide du vermicompostage collectif, et/ou reproduites, grâce à leur facilité de collecte, sur un autre territoire souhaitant mettre en place du vermicompostage.

L'étude sur la biodiversité renforce le caractère innovant de ce type de valorisation des déchets organiques. En effet, on attend de ces résultats d'observer une diversité et abondance faunistique importante.

Après avoir étudié le processus, il convient d'étudier le vermicompost sortant et donc de montrer son potentiel agronomique ainsi que sa qualité sanitaire (métaux lourds et pathogènes). Il s'agit d'un autre axe étudié par le projet VALOR et en particulier par Vincent Ducasse dans sa thèse.

## Bibliographie

ADEME, 2014. Boîte à outils “Réduire le coût de mes déchets » destinée aux entreprises. In : [en ligne]. Juillet 2014. [Consulté le 14/09/2021]. Fichier Excel disponible à l'adresse : [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwik38zbo\\_7yAhVKXMAKHcjIDBgQFnoECAIQAAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ademe.fr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fassets%2Fdocuments%2Fgisement\\_dechet.xlsx&usg=AOvVaw2aORcqbtcWJubSPKv\\_b1Zb](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwik38zbo_7yAhVKXMAKHcjIDBgQFnoECAIQAAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ademe.fr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fassets%2Fdocuments%2Fgisement_dechet.xlsx&usg=AOvVaw2aORcqbtcWJubSPKv_b1Zb)

ADEME, 2020. Déchets, Chiffres-clés. In : [en ligne]. 2020. [Consulté le 6 septembre 2021]. Disponible à l'adresse : [https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/dechets\\_chiffres\\_cles\\_edition\\_2020\\_010692.pdf](https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/dechets_chiffres_cles_edition_2020_010692.pdf)

DEPRINCE Aline, 2003. La faune du sol. Le courrier de l'environnement de l'INRA. In : [en ligne]. Août 2003. [Consulté le 09 septembre 2021]. Mise à jour le 6 juin 2011. Disponible à l'adresse : <http://www7.inra.fr/dpenv/faunedusol.htm#intro>

DOMINGUEZ J., AIRA M., GOMEZ-BRANDON M., 2009. Vermicomposting : Earthworms Enhance the Work of Microbes, In : Microbes at work.

DUCASSE Vincent, 2017. La valorisation des déchets organiques de la métropole de Lyon par la technique du lombricompostage – Mémoire. In : [en ligne]. 2017. [Consulté le 6 septembre 2021]. Disponible à l'adresse : <http://eisenia.org/wp-content/uploads/2017/01/MC%CC%A7moire-Vincent-Ducasse.compressed.pdf>

EISENIA, 2021. Caractérisation des plusieurs types de vermicomposteurs étudiés dans le cadre du projet VALOR.

EISENIA, [sans date]. Guide du lombricompostage collectif à l'usage des référents. Document interne envoyé aux référents.

GRAND LYON MÉTROPOLE, 2018. Rapport annuel sur le prix et la qualité du service public d'élimination des déchets 2018. In : [en ligne]. 2018. [Consulté le 7 septembre 2021]. Disponible à l'adresse : [https://www.grandlyon.com/fileadmin/user\\_upload/media/pdf/proprete/rapports/20191230\\_gl\\_proprete-rapportannuel\\_2018.pdf](https://www.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/media/pdf/proprete/rapports/20191230_gl_proprete-rapportannuel_2018.pdf)

BOUCHIER André, 2005. L'analyse des données multivariées à l'aide du logiciel R. L'analyse en composantes principales (ACP). INRA – Formation permanente. In : [en ligne]. Juillet 2005. [Consulté le 15 septembre 2021]. Disponible à l'adresse : <http://www1.montpellier.inra.fr/fp/cdr/crire/upload/Racp.pdf>

INSEE, 2021. Dossier Complet de Lyon 1<sup>er</sup> arrondissement. RP2008, RP2013, RP2018. In : [en ligne]. Mise à jour le 1er janvier 2021. [Consulté le 15 septembre 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=COM-69381>

NEOETHOS, 2017. Présentation des résultats de l'étude de flux de biodéchets de la métropole de Lyon pour Lyon Bio Ressources. In : [en ligne]. 28 septembre 2017. [Consulté le 7 septembre 2021]. Disponible à l'adresse : <https://docplayer.fr/84998222-Presentation-des-resultats-de-l-etude-de-flux.html>

SANCHEZ-HERNANDEZ J.C, NOTARIO DEL PINO J. DOMINGUEZ J., 2015. Earthworm-induced carboxylesterase activity in soil : Assessing the potential for the detoxification and monitoring organophosphorus pesticides. In : Ecotoxicol. Environ. Saf. 122, 303-312.

SOOBHANY Nuhaa, 2018. Preliminary evaluation of pathogenic bacteria loading on organic Municipal Solid Waste compost and vermicompost. J.Environ. Manage. 206, 763-767.

ULRICH Pierre, 2018. Mémoire pour l'obtention de la validation de formation Maître-Composteur. In : [en ligne]. 2018. [Consulté le 9 septembre 2021]. Disponible à l'adresse : <http://eisenia.org/wp-content/uploads/2018/11/MC5-Pierre-ULRICH-180930-ld.pdf>

## Annexes

### Questionnaire Lombricompostage collectif du 1<sup>er</sup> arr. de Lyon



#### ANNEXE

#### 1 : QUESTIONNAIRE VERSION PAPIER

Le projet VALOR est un projet de recherche mené sur 4 ans sur les biodéchets urbains valorisés par lombricompostage. Ce projet a pour but d'envisager la création de filières de vermicompostage des villes vers les agriculteurs bio des alentours. Les recherches menées sont globales à travers les axes agronomiques, environnementaux, sociaux et économiques.

C'est dans ce contexte que vous entrez en scène ! Ce sondage a pour but de connaître plus précisément la quantité et le type de déchets apportés aux vermicomposteurs. On peut distinguer 2 grands types de biodéchets dans les vermicomposteurs : la matière dite azotée (épluchures, légumes, fruits) et la matière sèche ou carbonée (cartons, papier). Pour que le vermicomposteur fonctionne au mieux, il faut chercher un équilibre entre ces deux types de biodéchets. Ce questionnaire permet de mieux identifier vos habitudes pour ensuite améliorer le suivi et la gestion des vermicomposteurs.

Il vous prendra environ 5 minutes. Merci beaucoup pour votre aide !

Contexte :

**1. Quel vermicomposteur utilisez-vous ? (Renseignez le lieu, par exemple : Jardin des plantes bas)**

.....

Quantité et type de déchets :

**2.A quelle fréquence vous rendez-vous au LC en moyenne ?**

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> <1 fois par mois | <input type="checkbox"/> 1 fois par mois    | <input type="checkbox"/> 2 fois par mois    |
| <input type="checkbox"/> 3 fois par mois  | <input type="checkbox"/> 1 fois par semaine | <input type="checkbox"/> 2 fois par semaine |

3 fois par semaine       >3 fois par semaine

Autre : précisez :

**3. Quelle quantité en moyenne amenez-vous au LC à chaque passage ?**

1 bocal, sac kraft soit environ 1L       1 seau de 3L       5L

10L       20L

Autre : précisez un volume (en litres), une masse (en kg) :

**4. Déchets de cuisine : épluchures, fanes, fruits/légumes pourris/passés, marcs de café. A quelle fréquence apportez-vous ces déchets ?**

Tout le temps       Souvent

Parfois       Jamais

Autre : précisez : .....

**5. Matière sèche : Cartons, boîtes d'œufs, sacs en papier, journaux,... A quelle fréquence apportez-vous ces déchets ?**

Tout le temps       Souvent

Parfois       Jamais

Autre : précisez : .....

Cartons depuis le bac à côté du vermicomposteur       Cartons que vous amenez directement       Boîtes d'œufs

Sacs en papier       Papier type journaux       Mouchoirs

Je n'amène pas de matière carbonée

**Sous quelle forme ? (plusieurs réponses possibles)**

Autres : précisez : .....

**6. Autres : Terres, sables, végétaux, branches,...A quelle fréquence apportez-vous ces déchets ?**

Tout le temps       Souvent

Parfois       Jamais

Autre : préciser : .....

**Sous quelle forme ? (plusieurs réponses possibles)**

Terre       Sables       Végétaux

Branches       Reste de tonte       Je n'en amène pas

□ Autre : précisez : .....

**7. En moyenne, quelle proportion de votre seau/sac est constituée de matière sèche (cartons, journaux, mouchoirs, papier) ?**

.....

**Généralement, quels biodéchets amenez-vous le plus ?**

.....

**8. Que pensez-vous du vermicomposteur que vous utilisez (gestion, utilisation) ?**

.....

.....

.....

**Rencontrez-vous des problèmes lorsque vous utilisez les vermicomposteurs ? Oui / Non****Si oui lesquels ?**

.....

.....

Informations complémentaires :**9. Combien de personnes vivent dans votre foyer ?**

- Adultes (&gt;18 ans) : .....

- Enfants:            &lt; 6 ans :                            6-10 ans :                            &gt;10 ans :

**10. Vous êtes :**

Une femme                             Un homme                             Ne souhaite pas préciser

**11. Age :**

16 - 29 ans                             30 – 49 ans                             50 – 64 ans                             65 ans et plus

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Agriculteur.rice                               | <input type="checkbox"/> Contremaître, agent.e de maîtrise                             | <input type="checkbox"/> Policier.ère ou militaire   |
| <input type="checkbox"/> Artisan.e                                      | <input type="checkbox"/> Elève, étudiant.e   | <input type="checkbox"/> Professeur.e des instituteur.rice et assimilé.e                                     |
| <input type="checkbox"/> Cadre administratif et commercial d'entreprise | <input type="checkbox"/> Employé.e administratif d'entreprises ou de commerce          | <input type="checkbox"/> Professeur.e, professeur.e scientifique   |
| <input type="checkbox"/> Cadre de la fonction publique                  | <input type="checkbox"/> Employé.e civil.e et agent de service de la fonction publique | <input type="checkbox"/> Professions de l'information, des arts et des spectacles                            |
| <input type="checkbox"/> Chauffeur.se                                   | <input type="checkbox"/> Ingénieur.e et cadre technique d'entreprise                   | <input type="checkbox"/> Professions intermédiaires administratives de la fonction publique ou en entreprise |
| <input type="checkbox"/> Chef.fe d'entreprise                           | <input type="checkbox"/> Ingénieur.e et cadre technique d'entreprise                   | <input type="checkbox"/> Professions intermédiaires de la santé et du travail social                         |
| <input type="checkbox"/> Chômeur.se                                     | <input type="checkbox"/> Ouvrier.e non qualifié.e                                      | <input type="checkbox"/> Professions libérales   |
| <input type="checkbox"/> Clergé, religieux.se                           | <input type="checkbox"/> Ouvrier.e qualifié.e  | <input type="checkbox"/> Retraité.e  |
| <input type="checkbox"/> Commerçant.e et assimilé.e                     | <input type="checkbox"/> Personnel des services directs aux particuliers               |  |

**12. Vous êtes :****ANNEXE 2 : CAPTURES D'ÉCRAN DU QUESTIONNAIRE SUR FRAMAFORMS**

Quantité et type de biodéchets : 2 / 4

3. Quelle quantité en moyenne amenez-vous au LC à chaque passage ? \*

- 1 bocal, sac kraft soit environ 1L
- 1 seau de 3L
- 5L
- 10L
- 20L
- Autre

4. Déchets de cuisine : Epluchures, fanes, fruits/légumes pourris/passés, marcs de cafés...

A quelle fréquence apportez-vous ces déchets ? \*

- Tout le temps
- Souvent
- Parfois
- Jamais
- Autre

5. Matière sèche : Cartons, boîtes d'œufs, sacs en papier...

A quelle fréquence apportez-vous ces déchets ? \*

- Tout le temps
- Souvent
- Parfois
- Jamais
- Autre

Sous quelle(s) forme(s) ? \*

- Cartons depuis le bac à matière sèche du lombricomposteur
- Cartons que vous amenez directement
- Boîtes d'œufs
- Sacs en papier
- Papier type journaux
- Mouchoirs
- Je n'amène pas de matière carbonée
- Autre(s)

Encore quelques questions... : 3 / 4

7. En moyenne, quel proportion de votre seau/sac est constitué de matière sèche (cartons, journaux, mouchoirs, papier) ? \*

Environ la moitié, plutôt un quart...

Généralement, quel(s) biodéchet(s) amenez-vous le plus ? \*

Des épluchures de légumes, du carton, des coquilles d'œufs...

8. Que pensez-vous du lombricomposteur que vous utilisez (gestion, utilisation) ? \*

9. Combien de personnes vivent dans votre foyer ?

Nombre d'adultes (>18ans) : \*

- Sélectionner -

Un ou des enfant(s) habitent-ils avec vous ? \*

- Oui
- Non

10. Informations complémentaires :

Votre âge : \*

- Sélectionner -

Vous êtes : \*

- Sélectionner -

- Une femme
- Un homme
- Ne souhaite pas préciser

**ANNEXE 3 : FICHE DE SUIVI - POUR 3 SÉRIES DE PRÉLÈVEMENTS**

FICHE SUIVI VC n°                      1er  
 suivi :                                      / /2021

Nom VC		Schéma orienté			
Numéro VC					
Lieu					
Mode de Gestion					
Bac Usager					
<b>Date</b>	<b>pH</b>	<b>Hm</b>	<b>T<sub>vc</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>air</sub> (°C)</b>	<b>Commentaires</b>
Relevé 1 :					
1					
2					
3					
4					
5					
1					
2					
3					
4					
5					
Relevé 2 :					
1					
2					
3					
4					
5					
1					
2					
3					
4					
5					
Relevé 3 :					
1					
2					
3					
4					
5					
1					
2					
3					
4					
5					

**ANNEXE 4 : GRAPHIQUES DES VARIABLES ILLUSTRATIVES DU QUESTIONNAIRE**

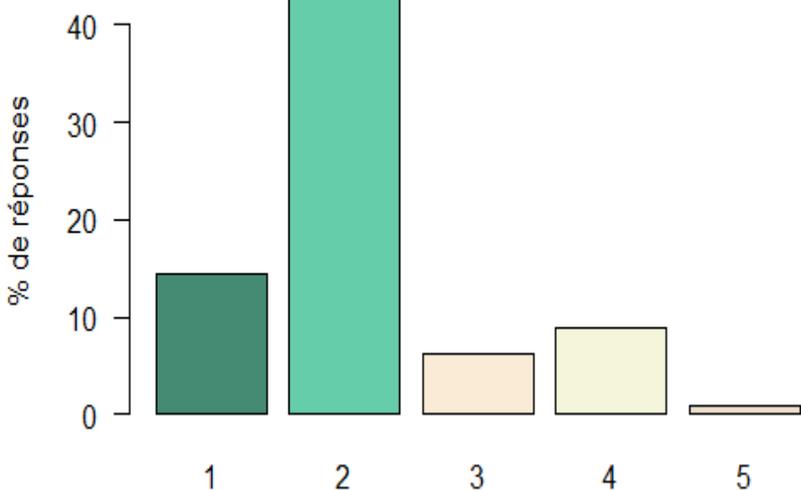


Figure 2 : Histogramme du nombre d'adultes par foyer

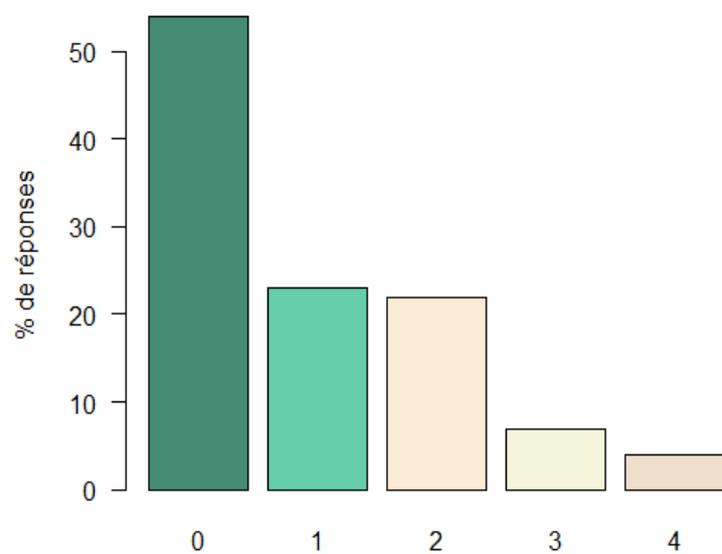
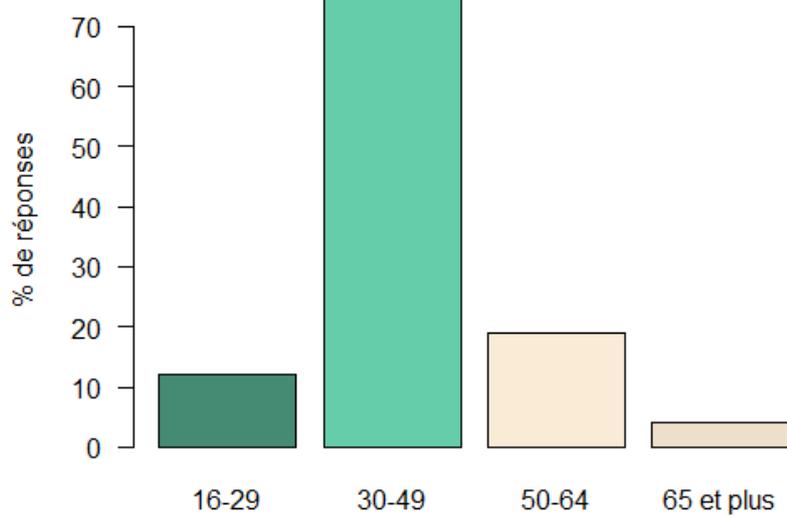
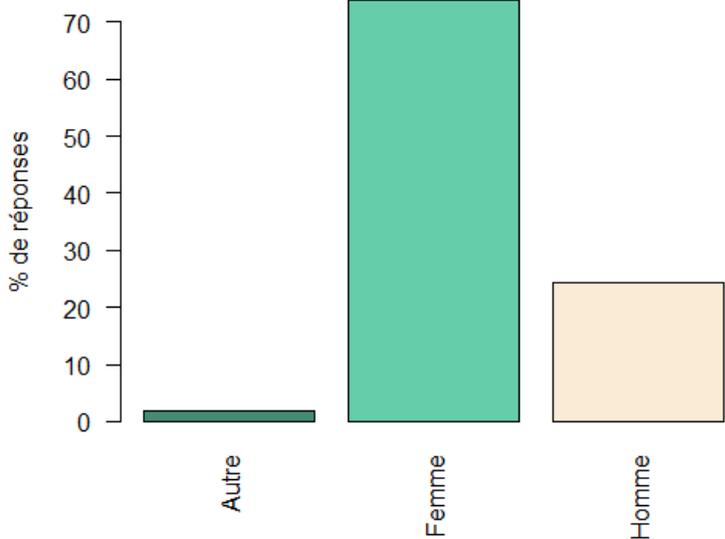


Figure 3 : Histogramme du nombre d'enfants par foyer

Figure 4 : Histogramme du genre des répondant.e.s

Figure 5 : Histogramme de l'âge des répondant.e.s



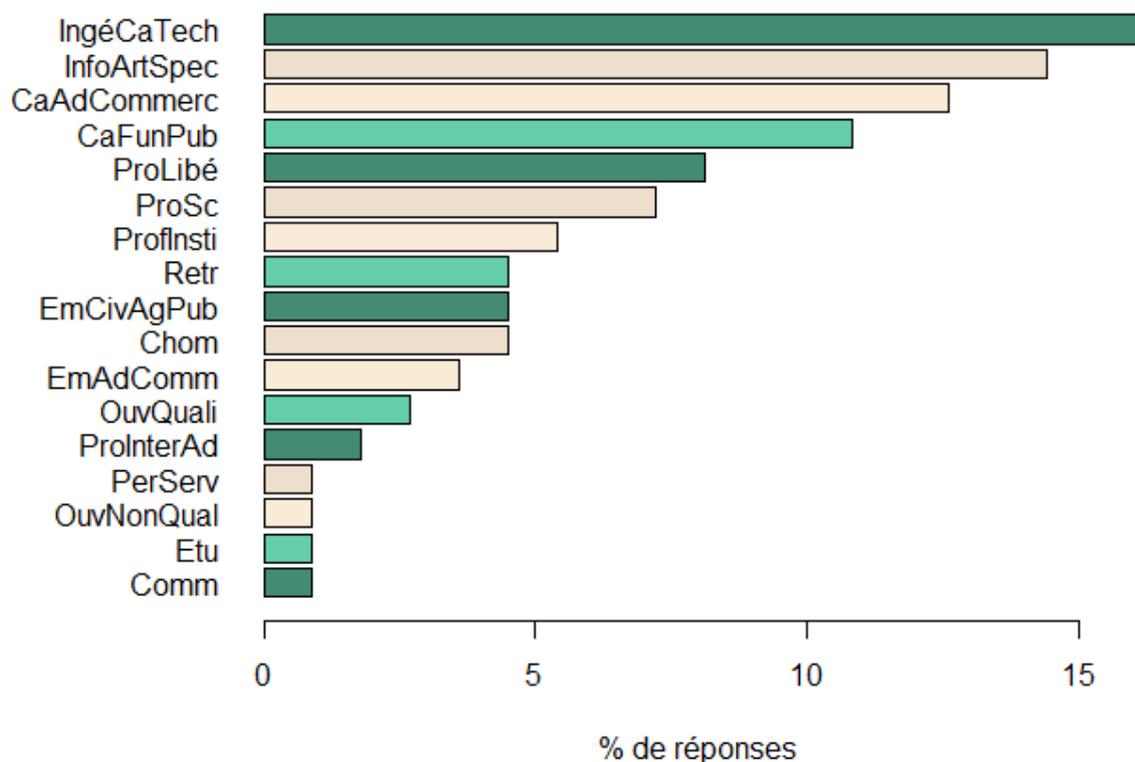


Figure 6 : Histogramme des catégories socio-professionnelles des répondant.e.s

Légende :

- IngéCaTech = Ingénieur.e et cadre technique d'entreprise
- InfoArtSpec = Professions de l'information, des arts et des spectacles
- CaAdCommerc = Cadre administratif et commercial d'entreprise
- CaFunPub = Cadre de la fonction publique
- ProLibé = Professions libérales
- ProSc = Professeur.e, professions scientifiques
- ProfInsti = Professeur.e des écoles, instituteur.rice et assimilé.e
- Retr = Retraité.e
- EmCivAgPub = Employé.e civil.e et agent de service de la fonction publique
- EmAdComm = Employé.e administratif d'entreprises ou de commerce
- Chom = Chômeur.se
- OuvQuali = Ouvrier.e qualifié.e
- ProInterAd = Professions intermédiaires administratives de la fonction publique ou en entreprise
- PerServ = Personnel des services directs aux particuliers
- OuvNonQual = Ouvrier.e non qualifié.e
- Etu = Elève, étudiant.e
- Comm = Commerçant.e et assimilé.e

# Suivi annuel du processus de lombricompostage en milieu urbain dans le cadre du projet Valor.

## Contexte :

### Conditions de vies des Eisenia Fetida

Les vers de terre de l'espèce *Eisenia fetida* survivent entre 0 et 35°, des températures similaires à celles qui peuvent être atteinte en lombricompostage. Il leur est même possible de survivre quelque temps dans la matière organique gelée tant qu'ils ont de la nourriture (Ducasse, 2017). La température optimale de reproduction et de prolifération des vers se situe autour de 20° avec un taux d'humidité compris entre 50 et 80%, un pH allant de 5 à 9 et une aération suffisante du milieu.

### Le projet VALOR

VALOR est un projet de recherche sur la valorisation des biodéchets urbains par vermicompostage, à destination de l'agriculture biologique. Il consiste à caractériser et identifier la faisabilité de différentes filières de vermicompostage pour la valorisation des biodéchets en milieu urbains. Dans le cadre de ce projet différents axes sont étudiés : socioéconomique, environnementaux et agronomique. Parmi eux, des relevés scientifiques ont été réalisés dans les vermicomposteurs mis en place par l'association Eisenia dans le but de caractériser le processus de vermicompostage à travers trois caractéristiques physico-chimiques (pH, humidité et température). L'objectif de cette étude était de comprendre le processus de vermicompostage, d'observer s'il était homogène, si les conditions de vie et de prolifération des vers de terre étaient bonnes.

### Méthode :

L'étude a été réalisée par Lola Broyer (*Rapport, « Caractérisation du processus de lombricompostage en milieu urbain », Juin-Septembre 2021, Lola Broyer*) lors d'un stage durant l'été 2021. Les relevés ont été réalisés une fois par semaine pendant 1 mois dans 10 vermicomposteurs, 5 VC du 1<sup>er</sup> arrondissement de Lyon, dit « rapides » et 5 VC à Givors, dis lents. Pour chaque bac 5 mesures ont été prises à l'aide d'une sonde permettant de mesurer la température et l'hygrométrie à l'intérieure du vermicomposteur, la température à l'extérieure et le PH à l'aide d'un pH-mètre.

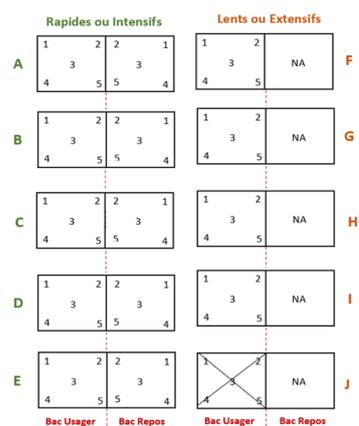


Figure 9 : Plan de collecte des données

### Résultats :

Pour l'étude les quelques valeurs extrêmes ont été mise de côté. Après analyse les tests statistiques ont montré que selon les bacs et les modes de gestion (lents ou rapides) le processus de vermicompostage n'était pas homogène car les mesures (Ph, humidité et température) n'était pas identique. Néanmoins l'étude montre que la pertinence de ces résultats est à nuancé car l'ensemble

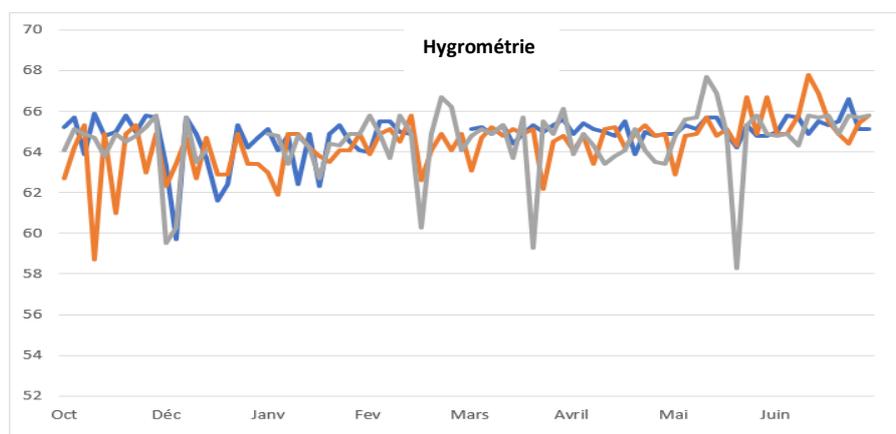
des mesures sont comprise entre : 7 et 8,3 pour le PH, 63 et 66% pour l'humidité et les températures oscillent entr -5 et +5 autour de la température extérieure. L'étude conclue qu'il est possible de « penser que le processus est stable tant que les conditions de vie des vers de terre sont respectées. Celles-ci le sont si on garde les intervalles des données collectées. ».

### **Poursuite de l'étude :**

L'étude s'est poursuivie durant mon alternance sur 8 mois. Une fois par mois les dix mesures ont été réalisé dans chacun des bacs. L'objectif de ce suivi est d'approfondir les résultats obtenus et de de regarder si les données évoluent sur le long terme, si le type de biodéchets, la quantité des apports ou encore les différences saisonnières ont impacté le processus de lombricompostage.

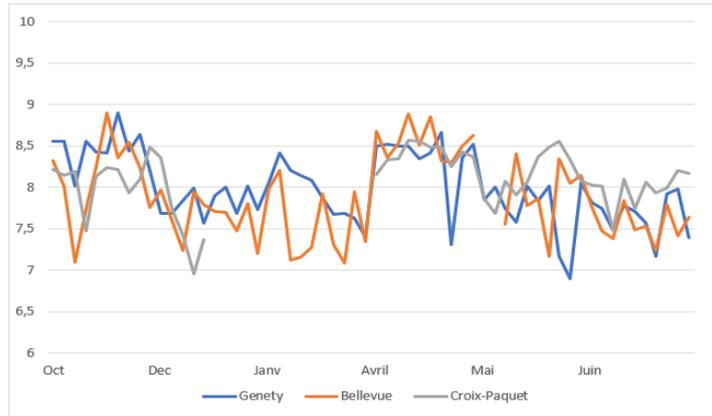
### **Résultats :**

Une préanalyse du suivi annuel a été faite en prenant compte des données récoltées sur 3 VC du 1er arrondissement de Lyon (Genety, Bellevue, Croix-Paquet). Certaines données peuvent être manquantes pour cause d'impossibilité de prise de mesures : (difficultés techniques, pHmètre cassé, apports trop faible ou vermicompost récolté).

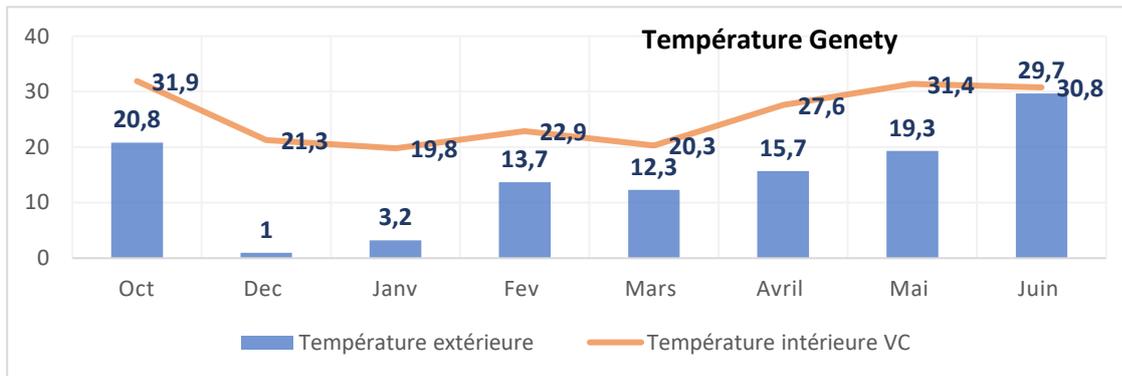


VC	Genety	Bellevue	Croix-Paquet
Valeur minimal obtenue	59.7%	58.7%	58.3%
Valeur maximal obtenue	66.6%	67.8%	67.7%

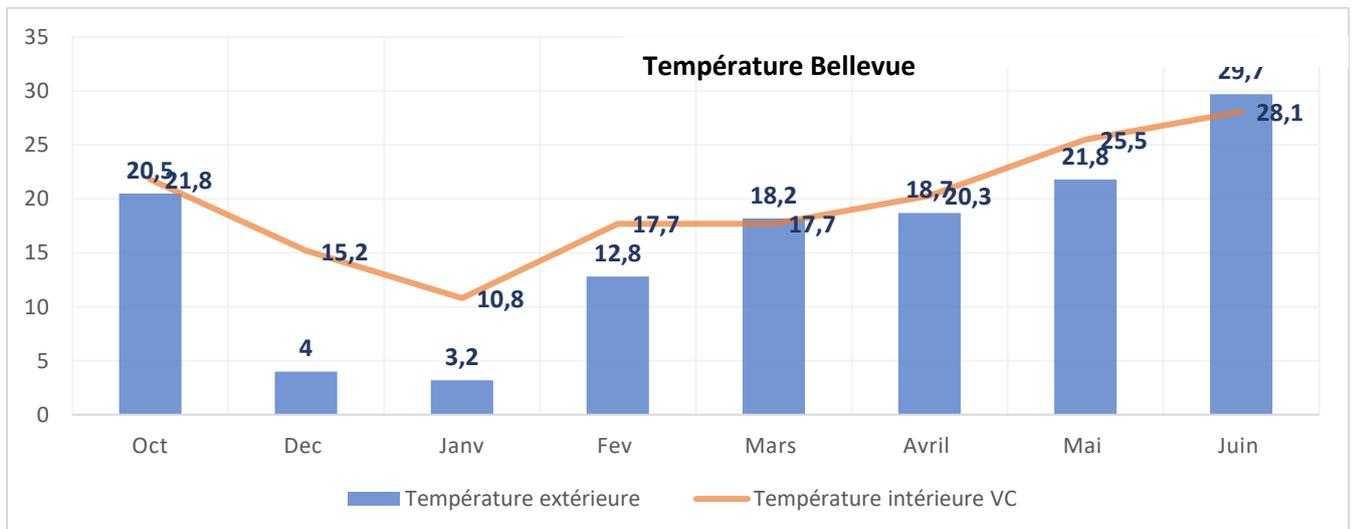
Les valeurs restent comprises entre 50% et 80% du taux d'humidité requis pour la reproduction et la prolifération des vers Eisenia Foetida.

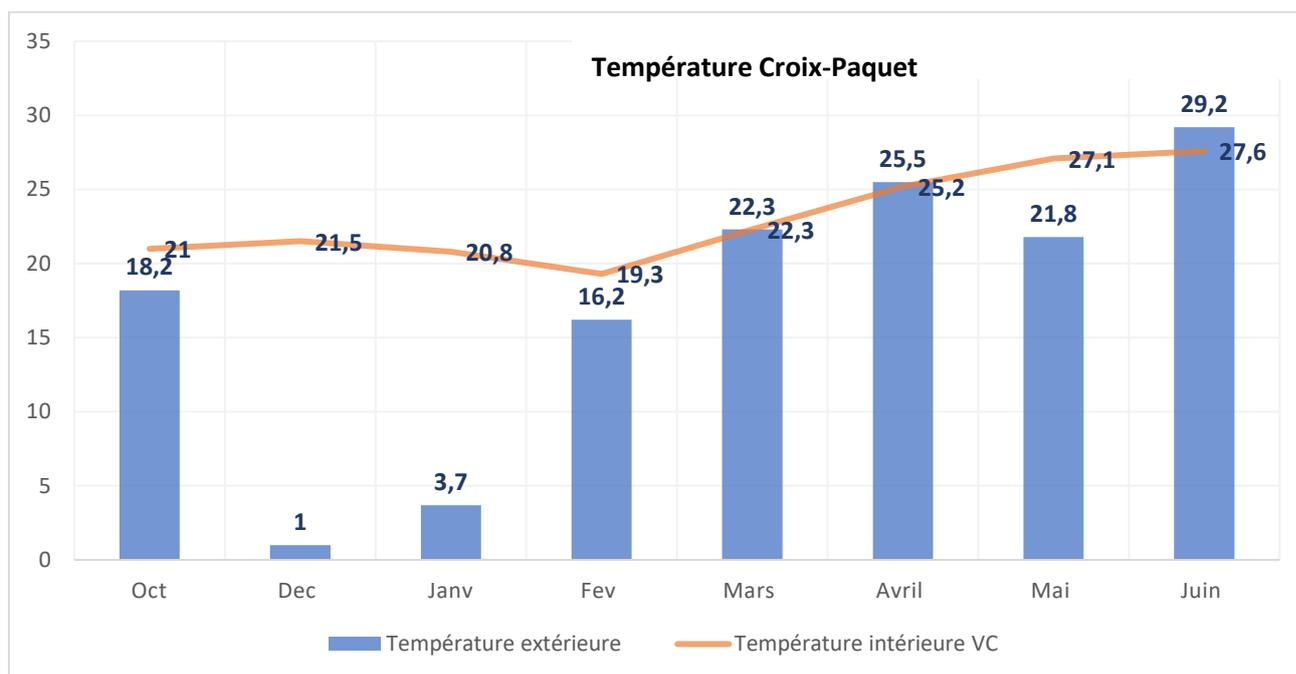


VC	Genety	Bellevue	Croix-Paquet
Valeur minimal obtenue	6.90	7.10	6.96
Valeur maximal obtenue	8.90	8.90	8.55



Les valeurs mesurées pour le PH sont comprises entre 5 et 9 et sont conforme aux besoins des vers Eisenia Foetida.





Pour réaliser ces trois graphiques seulement les valeurs relevées au milieu des bacs usagers (mesure 3 voir figure 9) ont été retenue car il s'agit du centre du bac, point le plus susceptible de monter en température.

La température mesurée dans les lombricomposteurs est fonction de la quantité d'apport. Il peut arriver que les bacs soient légèrement surchargés par rapport à la capacité de d'absorption et de décomposition des vers de terre et surchauffer. Elle dépend aussi des conditions météorologiques extérieur. A travers ces trois graphiques on constate que les températures relevées dans les vermicomposteurs ne descends jamais en dessous de 10.8° et atteint au maximum 31.9°. Ainsi on constate que les températures ne descendent pas en deçà de 0° et n'excède pas les 35°.

Cette pré-analyse des résultats montre qu'à première vue il n'y a pas d'évolution significative et que le milieu de vie des vers de terre reste stable