



Etude de la performance de la collecte de biodéchets en apport volontaire

Expérimentation de collecte sélective sur la commune de Lamotte-Beuvron

Rapport final – 31/10/2022

SUIVI DES VERSIONS

Version	Date	Editeur	Modification
V1	31/10/2022	A. Trémier	

AUTEURS

Nom	Organisation	Contact
N. Auvinet	INRAE	nicolas.auvinet@inrae.fr
R. Girault	INRAE	romain.girault@inrae.fr
P. Piveteau	INRAE	pascal.piveteau@inrae.fr
A. Trémier	INRAE	anne.tremier@inrae.fr
C. Ziebal	INRAE	christine.ziebal@inrae.fr

RELECTEURS

Nom	Organisation	Contact
L. Aubeut Chojnacki	GRDF	laetitia.aubeut-chojnacki@grdf.fr

TABLE DES MATIERES

RESUME	8
INTRODUCTION.....	9
MATERIELS ET METHODES	10
Description du site d'étude et des modalités de collecte.....	10
Lamotte-Beuvron.....	10
Le système GaïaBox.....	10
Origine des producteurs de biodéchets	11
Foyers volontaires	11
Gros producteurs.....	13
Positionnement des points d'étude.....	13
Méthode de suivi des performances de la collecte de biodéchets.....	14
Caractérisation physique des déchets	14
Calendrier du suivi et nature des analyses réalisées	16
Campagne de caractérisation initiale (Ti) des déchets ménagers et assimilés	16
Campagnes de suivi de la collecte de biodéchets dans les GaïaBox	17
Campagne de caractérisation finale (TF) des déchets ménagers et assimilés	17
Caractérisation des déchets prélevés lors des campagnes	17
Caractérisation des émissions gazeuses et odeurs associées au stockage de biodéchets	18
Fréquence et méthode de prélèvement des déchets.....	18
Dispositif expérimental de suivi du stockage	18
Analyses des gaz	19
Analyses odeurs.....	19
Caractérisation des risques sanitaires associés aux biodéchets et à leur stockage	2
Fréquence et méthode de prélèvement des déchets.....	2
Protocole de mesure des espèces pathogènes	2
Dénombrement d'Escherichia coli	2
Recherche de Salmonella enterica	2
Recherche de Listeria monocytogenes.....	2
Recherche des bactéries du complexe Klebsiella pneumoniae sensu lato (complexe Kp)	2
RESULTATS	3

Caractérisation des performances de la collecte des biodéchets en apport volontaire	3
Performance et incidence de la mise en place de la collecte sélective de biodéchets	3
Quantités collectées et évolution au cours de l'année de suivi	3
Qualité des OMr avant et après mise en place du tri et de la collecte sélective de biodéchets	8
Qualité des biodéchets triés et collectés sur les points d'apport	13
Evolution de la matière sèche et de la matière volatile des biodéchets au cours du temps	17
Evolution des biodéchets triés au cours du stockage dans la GaïaBox.	18
Projection du potentiel de la collecte de biodéchets à l'échelle de la commune	19
Caractérisation des émissions gazeuses et odeurs associées au stockage de biodéchets (Romain)	20
Emissions azotées	20
Emissions carbonées.....	20
Odeurs	22
Caractérisation des risques sanitaires associés aux biodéchets et à leur stockage	26
Dénombrement d' <i>E. coli</i>	26
Recherche des bactéries pathogènes	27
CONCLUSIONS - RECOMMANDATIONS.....	28

TABLES DES FIGURES

Figure 1 - Plan de situation de la commune de Lamotte-Beuvron.....	10
Figure 2. Composition des foyers de volontaires	12
Figure 3. Gestes de tri effectués par les volontaires.....	12
Figure 4. Fréquence estimée du gaspillage alimentaire	13
Figure 5. Emplacement des GaïaBox sur la commune et emplacement du site de méthanisation.....	14
Figure 6. Distance des volontaires à la GaïaBox.....	14
Figure 7. Suivi des pesées enregistrées des gros producteurs par mois.....	4
Figure 8. Suivi des pesées enregistrées concernant les volontaires	5
Figure 9. Suivi des apports de biodéchets.....	6
Figure 10. Masse des apports des volontaires dans le box de collecte (Pour des raisons de facilité de lecture, les apports supérieurs à 20 kg ne sont pas représentés).	7
Figure 11. Campagne de caractérisation des OMr avant et après la mise en place de la collecte sélective pour le collège (composition donnée en % massique).....	8
Figure 12. Campagne de caractérisation des OMr avant et après la mise en place de la collecte sélective pour l'école (composition donnée en % massique).....	9
Figure 13. Campagne de caractérisation des OMr avant et après la mise en place de la collecte sélective pour l'EHPAD (composition donnée en % massique).....	9
Figure 14. Campagne de caractérisation des OMr avant et après la mise en place de la collecte sélective pour la FFE (en %)	10
Figure 15. Campagne de caractérisation des OMr avant et après la mise en place de la collecte sélective pour les foyers volontaires	11
Figure 16. Résultats des campagnes de caractérisation des biodéchets réalisées sur un an pour le collège - Deux sessions de caractérisation ont été réalisées lors de la 3 ^{ème} campagne pour montrer les écarts qu'il peut y avoir sur deux caractérisations à un jour d'écart.....	13
Figure 17. Résultats des campagnes de caractérisation réalisés sur un an pour l'école et les volontaires.....	14
Figure 18.. Résultats des campagnes de caractérisation réalisés sur un an pour l'EHPAD.....	15
Figure 19. Résultats des campagnes de caractérisation réalisés sur un an pour la FFE.....	16
Figure 20. Evolution de la MS et de la MV au cours du temps pour le collège, l'école et l'EHPAD (MS en g _{MS} /kg et MV en g _{MV} /kg).....	17
Figure 21. Mesures moyennes du potentiel méthanogène au cours du temps de stockage	18
Figure 22: Emissions cumulées d'ammoniac sur 10 jours observées au stockage des biodéchets.....	20
Figure 23: Emissions cumulées de CO ₂ sur 10 jours observées au stockage des biodéchets.	21
Figure 24: Emissions cumulées de méthane sur 10 jours observées au stockage des biodéchets.....	21
Figure 25 : Concentrations d'odeurs mesurées lors du stockage des biodéchets sur la campagne de septembre.	22
Figure 26: Concentrations d'odeurs mesurées lors du stockage des biodéchets sur la campagne de décembre.....	23
Figure 27: Concentrations d'odeurs mesurées lors du stockage des biodéchets sur la campagne d'avril.....	23
Figure 28: Mesures de potentiel odorant réalisées sur les OMr avant et après mise en place de la collecte des biodéchets (campagne initiale et final de caractérisation).	24

Figure 29. Impact du stockage sur les populations d'E. coli dans les biodéchets collectés lors des campagnes 1 (A), 2 (B), 3 (C) et 4 (D). 26

Figure 30. Carte de présence/absence dans 25g du complexe Kp, de S. enterica et de L. monocytogenes au cours du stockage des biodéchets collectés lors des 4 campagnes de prélèvements. 1 : présence dans 25 g ; 0 : absence dans 25 g. nd : non déterminé..... 27

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. Catégories de caractérisation	15
Tableau 2. Planning des caractérisations réalisées	16
Tableau 3. Suivi des mesures effectuées suivant les échantillons	18

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Photographie 1. Une des GaïaBox installée sur la commune de Lamotte-Beuvron	11
Photographie 2. Box de collecte de laboratoire	19
Photographie 3. Chambre dynamique de stockage.....	19

GLOSSAIRE

BMP : Potentiel méthanogène

CH₄ : méthane

CO₂ : Dioxyde de carbone

FFE : Fédération Française d'Equitation

MM : matière minérale

MODECOM : MODE de Caractérisation des Ordures Ménagères

MS : matière sèche

MV : matière volatile

OMr : Ordures ménagères résiduelles

RMN : Résonance magnétique nucléaire

Résumé

Les biodéchets, en particulier d'origine alimentaire, de par leur composition organique et leur potentiel méthanogène, représentent tout à la fois des enjeux de prévention (gaspillage alimentaire) et de valorisation. Des objectifs clairs ont été posés quant à la prévention et la mise en place du tri à la source et de la valorisation de ces déchets, engageant les collectivités à déployer des solutions techniques. L'objet de cette étude était donc d'évaluer les performances et les impacts de la mise en place du tri à la source et de la collecte des biodéchets sur une collectivité (Lamotte-Beuvron) via l'installation de points d'apport volontaire. Les résultats de l'étude montrent que les points d'apport installés chez les gros producteurs conduisent à un très bon captage du flux de biodéchets avec une bonne qualité de tri. Du point de vue des ménages, si la performance de tri et collecte est bonne pour les foyers engagés, le niveau d'engagement (50% en moyenne sur le panel de volontaires de l'étude) reste un point crucial, qui impliquent des efforts sur la communication. En terme d'impact, les points d'apport ne contribuent pas significativement à l'émission de gaz à effet de serre ou d'ammoniac. Les émissions d'odeurs sont quant à elles dépendantes de la saison mais principalement impactantes pour l'apporteur de déchets. Enfin les analyses sanitaires confirment que les biodéchets sont des vecteurs possibles de microorganismes pathogènes et que leur filière de gestion doit donc considérer l'enjeu sanitaire avec attention. A l'issue de cette étude il apparaît que des points importants restent à étudier afin de généraliser cette démarche de collecte : Comment engager une majorité de la population et assurer la qualité du tri ? Comment rationaliser le positionnement des points d'apport pour assurer un bilan global positif de la collecte et de la valorisation des biodéchets.

Introduction

Selon l'article L. 541-1-1 du code de l'environnement, les biodéchets sont définis comme : "Les déchets non dangereux biodégradables de jardin ou de parc, les déchets alimentaires ou de cuisine provenant des ménages, des bureaux, des restaurants, du commerce de gros, des cantines, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que les déchets comparables provenant des usines de transformation de denrées alimentaires."

Depuis la loi grenelle 2 du 12 juillet 2010, il existe une obligation de tri et de collecte des biodéchets (ainsi que des huiles alimentaires) en vue de leur valorisation. L'obligation porte actuellement et depuis 2016 sur les gros producteurs de biodéchets (> 10T/an). A partir du 1^{er} janvier 2023, ce sont tous les producteurs de biodéchets > 5T/an qui seront tenus de mettre en place la collecte de leurs biodéchets.

Cette première obligation concernant les gros producteurs s'est vue étendue à tous les producteurs de biodéchets y compris les ménages par la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LCTEV) de 2015, avec précision de l'échéance dans la loi de lutte contre le gaspillage pour une économie circulaire de 2020. Ainsi, à partir du 1^{er} janvier 2024, les particuliers devront avoir à disposition une solution leur permettant de mettre en pratique le tri à la source. Cette solution peut correspondre au développement du compostage domestique, du compostage partagé et/ou au déploiement de la collecte séparée des biodéchets.

Alors que la fraction organique des déchets ménagers peut représenter jusqu'à 33% des ordures ménagères résiduelles, la part de biodéchets triés à la source reste encore faible. En 2017, 125 collectivités avaient mis en place une collecte séparée des biodéchets représentant environ 6% de la population. Parallèlement il est estimé que la quantité de biodéchets de cuisine gérés de façon domestique s'élève à un peu plus de 0,6 MT¹ auxquels s'ajoutent près de 4,5 MT de déchets verts. L'enjeu de mise en place généralisée du tri à la source est donc particulièrement prégnant et l'évaluation des solutions pour le mettre en place est indispensable.

C'est dans cet objectif qu'a été menée l'expérimentation de collecte sélective de biodéchets en point d'apport volontaire de Lamotte-Beuvron.

Il existe sur cette collectivité un site de méthanisation situé en bordure de la commune. Ce site a en charge de traiter les déchets agricoles et équins provenant de plusieurs fermes alentours et de la Fédération Française d'Equitation dont le siège est sur la commune. Le site est aussi prévu pour traiter les boues de la station d'épuration voisine ainsi que des biodéchets provenant du site Center Parc, situé à proximité. Le méthane ainsi produit est injecté dans le réseau gaz GRDF. L'existence de ce site de valorisation représentant une opportunité pour la gestion locale des biodéchets des ménages, une expérimentation de mise en place de la collecte sélective des biodéchets a ainsi été menée. Le choix du mode de collecte s'est plus particulièrement porté sur des points d'apport volontaire. Sa mise en œuvre a été financée par GRDF qui a missionné INRAE pour en assurer le suivi et l'exploitation scientifique, dans l'objectif de mesurer les performances et les impacts de cette collecte.

¹<https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/dechets/passer-a-laction/valorisation-organique/gestion-proximite>, consulté le 24/10/2022

Matériels et méthodes

Description du site d'étude et des modalités de collecte

Lamotte-Beuvron

La commune de Lamotte-Beuvron se situe dans le département du Loir et Cher (41) au cœur de la Sologne à environ 30 minutes au sud d'Orléans (Figure 1). La commune, dont le territoire d'environ 5000 km² fait la part belle à la forêt, compte environ 5000 habitants et elle est composée d'un habitat principalement individuel.

Un site de méthanisation se trouve sur la commune. Il est chargé de traiter les déchets agricoles et équins provenant de plusieurs fermes alentours et de la Fédération Française d'Equitation dont le siège est dans la commune. Le site est aussi prévu pour traiter les boues de la station d'épuration voisine ainsi que des biodéchets provenant du site Center Parc situé à proximité.

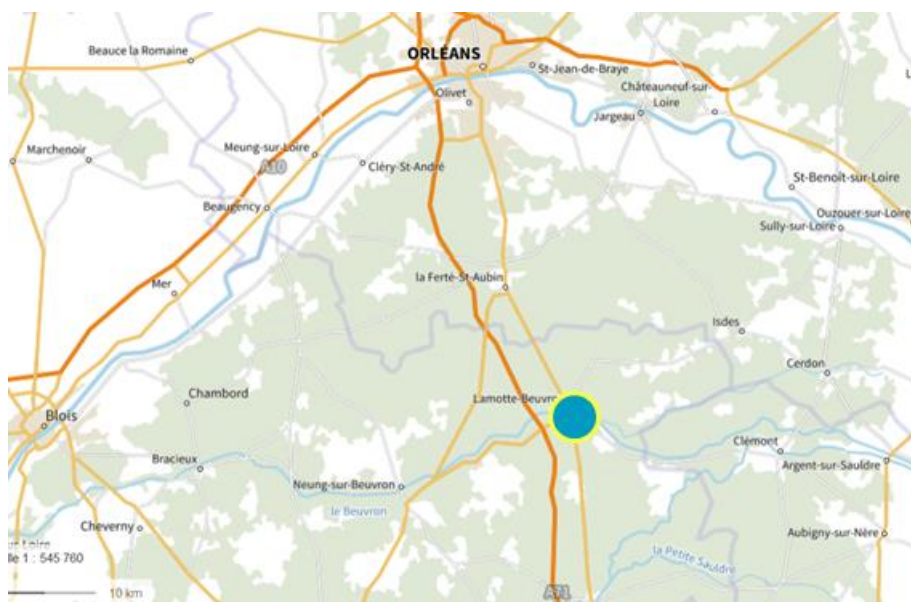


Figure 1 - Plan de situation de la commune de Lamotte-Beuvron

Le système GaïaBox

La solution de collecte en apport volontaire choisie pour l'expérimentation est la GaïaBox (Photographie 1) commercialisée par la société Axibio.

Axibio est une start-up créée en 2016 qui propose des solutions de collecte et de traitement des biodéchets. Concernant la collecte des déchets alimentaires, l'entreprise propose différents modèles permettant leur stockage. Ces solutions de collecte peuvent permettre l'élimination des indésirables présents et sont aussi adaptables en fonction des quantités à collecter.

Le système GaïaBox permet la collecte en apport volontaire sans intégrer de solution mécanique de séparation des indésirables. Cette box se compose d'une base métallique, avec un couvercle ouvrable à l'aide d'un badge. Cette solution permet d'éviter la pollution du flux par des utilisateurs non identifiés. L'utilisation des badges permet aussi d'enregistrer l'apporteur et la masse de biodéchets déposée. Ces données sont ensuite disponibles sur un portail web.

Les biodéchets déposés sont stockés dans une caisse palette qui peut être enlevée à l'aide d'un gerbeur avant d'être remplacée et emmenée sur le site de valorisation.



Photographie 1. Une des GaiaBox installée sur la commune de Lamotte-Beuvron

Origine des producteurs de biodéchets

Les producteurs de biodéchets considérés dans l'étude sont de plusieurs types :

- des foyers volontaires,
- des gros producteurs.

Foyers volontaires

Au début du projet, la ville de Lamotte-Beuvron, accompagnée par une équipe GRDF, a démarché les habitants de la ville afin de leur présenter l'étude et de leur proposer d'y participer.

82 foyers se sont initialement inscrits et ont reçu un bio-seau et un badge pour emmener leurs biodéchets au point de collecte. Un questionnaire a été distribué aux volontaires lors de la remise du badge pour connaître la composition du foyer et leurs habitudes en terme de gestion des déchets. Une trentaine de foyers ont répondu au questionnaire. Au cours de l'année d'expérimentation, de nouveaux foyers ont pu rejoindre l'étude. Cependant, elles n'ont pas reçu le questionnaire en même temps que le badge et le bio-seau.

Les foyers ayant répondu au questionnaire sont composés en moyenne de 2 membres avec une majorité de volontaires ayant plus de 18 ans (Figure 2). Environ 85% des volontaires vivent dans des logements individuels, le reste se trouvant dans des logements collectifs.

Il ressort également de l'analyse du questionnaire que les volontaires portent une attention à leur pratique du recyclage des déchets. Ainsi la plupart des foyers effectuent le tri des recyclables, du verre et utilisent les déchetteries et pour une part non négligeable, effectuent déjà un tri de leurs biodéchets (Figure 3). Ainsi sur les 31 foyers, 12 pratiquent déjà le compostage principalement via un compostage individuel, et pour quelques-uns via des plateformes collectives. De plus, deux foyers ont recours à des poules pour limiter leurs quantités de déchets alimentaires.

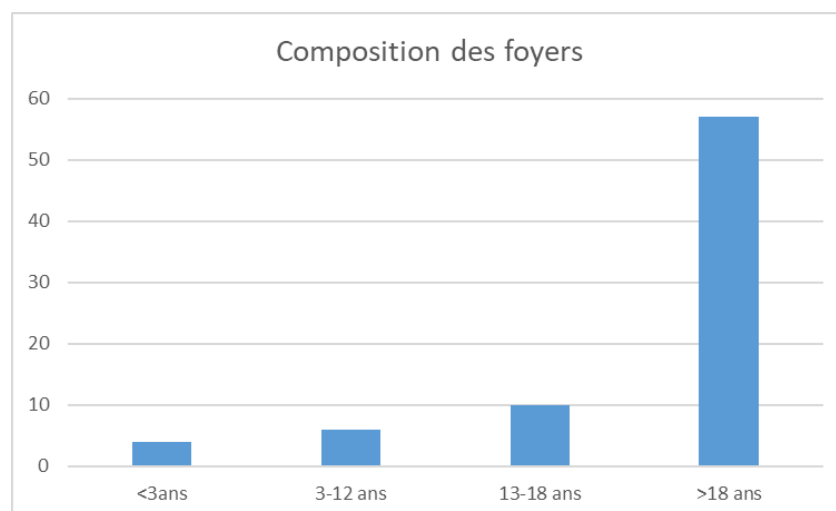


Figure 2. Composition des foyers de volontaires

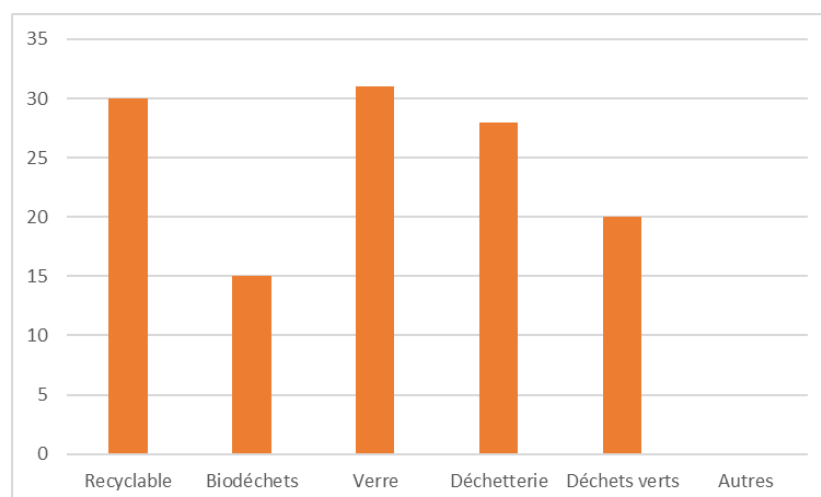


Figure 3. Gestes de tri effectués par les volontaires

Environ 85% des volontaires déclarant pratiquer le compostage le font pour traiter leurs biodéchets et environ 60% des foyers compostent également leurs déchets verts. Un seul foyer met les déchets alimentaires issues de la viande ou du poisson dans son composteur. La possibilité de pouvoir valoriser les restes de viandes et poissons explique pour certains le choix de participer à la mise en place de la collecte des biodéchets.

La Figure 4 montre que la majorité des foyers volontaires estiment que leur part de gaspillage alimentaire est rare.

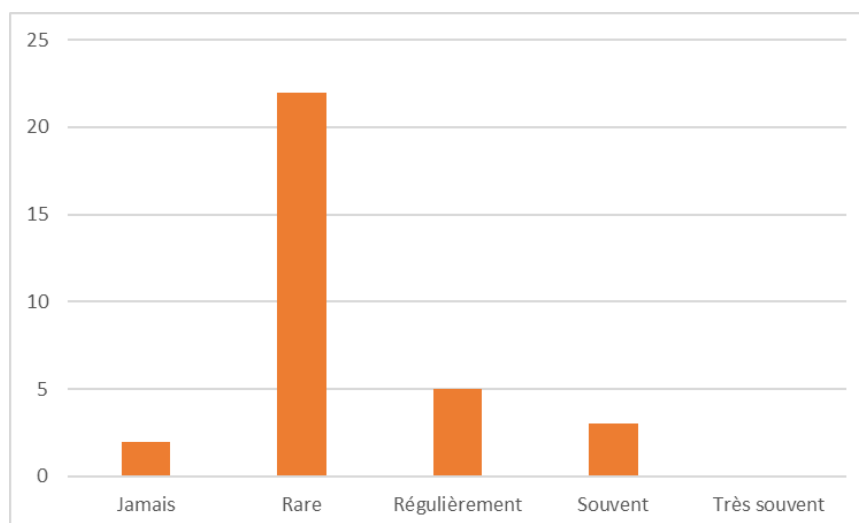


Figure 4. Fréquence estimée du gaspillage alimentaire

Gros producteurs

Quatre gros producteurs de déchets alimentaires ont été considérés dans cette étude : deux établissements scolaires (une école et un collège), un Ehpad et la Fédération Française d'Equitation.

Les biodéchets collectés proviennent de la restauration de ces quatre entités. Celles-ci présentent un nombre de repas servis mais aussi des fréquences de repas différents.

- Ecole : 240 à 280 repas servis par jour du lundi au vendredi à l'exception du mercredi
- Collège : 400 repas servis par jour du lundi au vendredi à l'exception du mercredi
- Ehpad : une centaine de repas servis par jour, matin (80), midi (100) et soir (80) tous les jours de la semaine
- FFE : restauration des employés (100) du site le midi du lundi au vendredi. Le centre accueille aussi des événements certains week-end et pendant les périodes scolaires, des camps sont organisés sur place avec restauration matin, midi et soir.

L'étude s'est déroulée pendant la période de pandémie mondiale COVID, ce qui a pu avoir des incidences au niveau de la production de déchets alimentaires. On peut ainsi trouver au niveau des écoles, des absences d'élèves voire des fermetures de classes non prévues. Au niveau de la FFE, le nombre d'employés sur site a pu être restreint à certaines périodes et une grande partie des événements ont été annulés ou repoussés.

Positionnement des points d'étude

Pour répondre aux besoins de collecte, quatre systèmes de collecte GaïaBox ont été installés sur la commune (Figure 5). Trois des points de collecte se trouvent directement dans l'enceinte des 3 établissements privés (EPHAD, collège et FFE) et ne sont utilisés que pour collecter les déchets alimentaires de ces gros producteurs. La 4^{ème} GaïaBox est positionnée dans le centre de la ville, à proximité de la cantine de l'école publique, mais sur la voie publique. L'accès est donc possible pour les employés de la cantine mais aussi pour les volontaires de la commune. Ainsi, la distance entre les habitats des foyers volontaires (décrits dans la section suivante) et le point de collecte, qui leur est dédié, est comprise entre quelques dizaines de mètres et plus de 3 km (Figure 6).



Source : Geoportail

Figure 5. Emplacement des GaïaBox sur la commune et emplacement du site de méthanisation

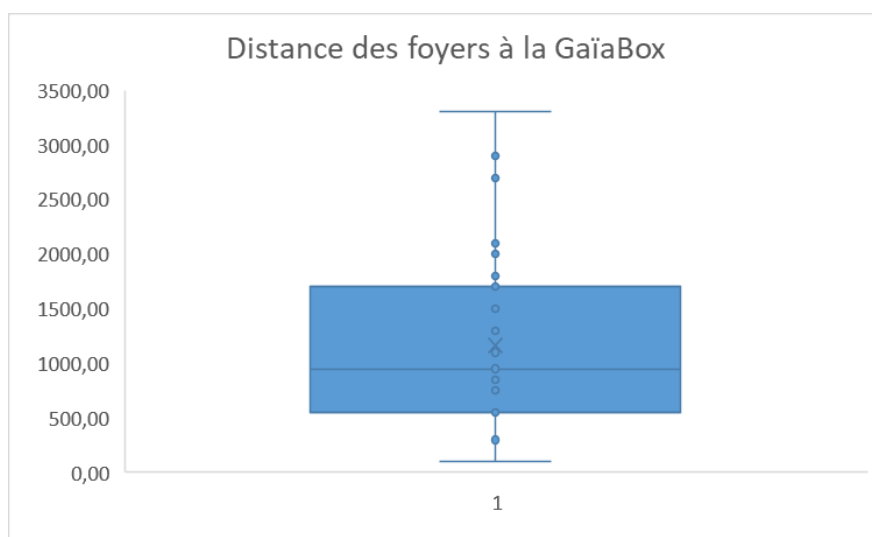


Figure 6. Distance des volontaires à la GaïaBox

Méthode de suivi des performances de la collecte de biodéchets

Caractérisation physique des déchets

Pour évaluer l'impact de la collecte des biodéchets, il est important de définir des paramètres de caractérisation de ces déchets afin de mesurer leur évolution durant les différentes étapes où seront effectuées les mesures.

Ces caractérisations physiques se basent sur la méthode du MODECOM développée à l'origine afin de caractériser les Ordures Ménagères résiduelles (OMr). Elles sont adaptées aux biodéchets mais certaines catégories ont été ajoutées dans le cadre de cette étude afin de mesurer la part de gaspillage alimentaire.

Ainsi, les déchets alimentaires ont été scindés en deux grandes catégories :

- une première pour les déchets alimentaires évitables correspondant aux aliments qui auraient pu être mangés mais qui ne l'ont pas été
 - o Restes de plat non servis
 - o Restes d'assiette non mangés
 - o Fruits ou légumes qui ont pourris
- une deuxième pour les déchets non évitables
 - o Epluchures et autres parties non comestibles des fruits et légumes
 - o la part difficilement biodégradable, par exemple os, coquilles d'œuf, etc.

Au contraire, au vu des objectifs de cette étude, les autres catégories, ne concernant pas les biodéchets, ont été simplifiées, par rapport aux catégories et sous-catégories présentes dans le MODECOM. Ainsi, par exemple, dans la grille initiale du MODECOM, le papier et le carton, correspondent à deux catégories et 8 sous-catégories. Dans cette étude, ils ont été regroupés en une seule catégorie (Tableau 1).

Tableau 1. Catégories de caractérisation

Masse	
Catégories	Sous - catégories
Déchets alimentaires évitables	Déchets alimentaires emballés
	Déchets alimentaires non emballés
Déchets alimentaires non évitables	Part organique
	Difficilement biodégradable
Déchets verts	Déchets verts
Autres déchets organiques	
Déchets de jardins (bois)	
Autres déchets de bois	
Verre	
Papier et carton	
Emballages	
Sacs plastiques	Sacs compostables
	sacs non compostables
Métaux ferreux	
Métaux non ferreux	
Textile	
Textile sanitaire	
DEEE	
Déchets dangereux	
Autres déchets	

En parallèle de cette caractérisation physique typologique, des analyses physico-chimiques ont été menées au cours du stockage. Ces analyses vont permettre de connaître la composition élémentaire des biodéchets, notamment en carbone, azote et phosphore et donc l'évolution de cette composition au cours du stockage.

Calendrier du suivi et nature des analyses réalisées

Les campagnes de caractérisation se divisent en 3 périodes (Tableau 2) d'avril 2021 à Juin 2022.

Avant le début de la mise en place de la collecte des biodéchets, une caractérisation initiale des OMr est prévue pour chacun des 5 producteurs de déchets visés (volontaires + 4 gros producteurs). Ce premier travail permettra de connaître le gisement de départ des déchets alimentaires dans les OMr produites par chaque producteur et le potentiel de captage dans ce gisement.

Après la mise en place des points d'apport volontaire pour la collecte des biodéchets, une période de suivi des points d'apport et de caractérisation des biodéchets collectés dans les GaïaBox a eu lieu. Sur un an, quatre campagnes de caractérisation ont été menées afin d'avoir plusieurs jeux de données mais aussi pour rendre compte de potentielles variations saisonnières.

Enfin, une caractérisation finale a été menée en fin d'étude sur les OMr des producteurs de déchets. Cette dernière campagne de caractérisation visait à évaluer la part de biodéchets effectivement captés par la mise en place de la collecte sélective des biodéchets.

Tableau 2. Planning des caractérisations réalisées

		Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Données GaïaBox	Ehpad															
	Collège															
	Ecole + volontaires FFE															
Campagnes de mesures		TO		TO			CS1			CS2		CS3		CS4	TF	

Campagne de caractérisation initiale (Ti) des déchets ménagers et assimilés

Cette campagne de caractérisation préalable a été réalisée en deux fois. La première partie a eu lieu du 12 au 15 avril 2021 pour les volontaires et la FFE et du 31 mai au 2 juin 2021 pour l'école, le collège et l'EHPAD.

La collecte a été effectuée par l'équipe d'INRAE. En amont, chaque producteur de déchets a été contacté pour le prévenir de cette collecte. Lors de cette campagne, la collecte des OMr des volontaires en habitats collectifs n'a pas pu être mise en œuvre. En effet, ceux-ci partageant leurs moyens de collecte des déchets avec d'autres habitants et n'étant pas présents dans leur logement au moment de la réalisation de la campagne de prélèvement, il n'y avait pas de solution pour récupérer leurs OMr.

Pour les gros producteurs, la taille des échantillons collectés, entre 50 et 130 kg permettait de la globalité des prélèvements. Cela n'a pas été le cas pour les volontaires, la quantité collectée étant proche de 230 kg. Il a donc été effectué un quartage afin de diminuer la taille de l'échantillon à caractériser.

Ainsi, pour l'échantillon des ménages, le quartage a été réalisé de la façon suivante. Après mélange de l'ensemble collecté, celui-ci a été sous-échantillonné par pelletage fractionné, de façon à récupérer la moitié de la masse initiale. Pendant ce sous-échantillonnage, les hétéroclites ont été enlevés. Ceux-ci correspondent à des éléments de taille ou de masse importante pouvant induire un biais sur l'échantillonnage (ex : une boule de pétanque) ou des éléments entraînant un risque sanitaire pour les trieurs ou pouvant rendre le tri compliqué. Tous les hétéroclites sont pesés, et leurs masses réinjectées dans les catégories adéquates en prenant en compte le facteur de sous-échantillonnage appliqué.

Dans ces hétéroclites, il a ainsi été mis de côté de nombreux textiles sanitaires (couches,

masques jetables...) ainsi qu'une part importante de litière pour chat.

Campagnes de suivi de la collecte de biodéchets dans les GaïaBox

Quatre campagnes de caractérisation ont été réalisées au cours de cette étude. Chaque campagne s'est déroulée à une saison différente. Sachant que durant l'été l'activité pour certains gros producteurs est réduite, il a été attendu la rentrée (septembre) pour effectuer la campagne :

- Campagne été : du 6 au 9 septembre 2021
- Campagne automne : du 29 novembre au 2 décembre 2021
- Campagne hiver : du 28 février au 3 mars 2022
- Campagne printemps : du 25 au 28 avril 2022

Pour ces campagnes, le mode opératoire a été le suivant. La collecte a été réalisée pendant 24h, en présentant une caisse palette vide en début de journée J et en réalisant le prélèvement à J+1. Cela permet d'avoir un échantillon représentatif d'une journée complète, ce qui est important pour les gros producteurs de déchets ayant des déchets alimentaires pour les différents repas de la journée (matin/midi/soir) et pour la GaïaBox accueillant les déchets des foyers volontaires. Si cet échantillonnage sur 24h présente l'avantage d'aboutir à une quantité prélevée parfaitement manipulable et représentative d'un déchet fraîchement déposé et donc peu dégradé, il est aussi très dépendant de la composition du ou des repas servis dans la journée ainsi que, pour les gros producteurs, du nombre de repas servis pouvant biaiser le résultat de collecte cette journée de production. Néanmoins, une caractérisation après plusieurs jours de collecte dans la GaïaBox, entraînerait des difficultés de reconnaissance des déchets mais aussi l'apparition de jus et d'asticots entraînant des difficultés supplémentaires pour effectuer le tri (dégradation avancée) ainsi qu'un biais dans les masses mesurées.

Pour ces prélèvements sur 24h, pour chaque campagne, les quantités collectées pour chaque Gaïabox restant limitées chaque échantillon a été trié en totalité sans mise en place de quartage.

Campagne de caractérisation finale (TF) des déchets ménagers et assimilés

Le déroulement de cette campagne est similaire à ce qui a pu être effectué lors de la campagne initiale de caractérisation des OMr. Une première phase de cette campagne a été réalisé du 17 au 19 mai 2022 pour l'école, le collège et l'EHPAD et du 31 mai au 2 juin 2022 pour les volontaires et la FFE.

Cependant, concernant la caractérisation des OMr des foyers volontaires, le prélèvement n'a pas été effectué pour tous les foyers. En effet, une partie d'entre eux n'a jamais été active dans l'étude, ou a cessé d'amener ses biodéchets sur le point de collecte. Pour ne pas reproduire la campagne initiale, mais bien voir l'évolution de la qualité des OMr dans le cas d'une adhésion à la collecte sélective de biodéchets, il a été décidé de n'inclure dans cette caractérisation que les participants ayant fait des apports réguliers de biodéchets. La sélection a été effectuée suivant les données disponibles sur le portail web de suivi mis en place par Axibio. Ainsi, les foyers volontaires, dont les OMr ont été caractérisées à TF, sont ceux effectuant au minimum un apport de biodéchets par mois. Cette campagne de caractérisation prend donc en compte des profils différents du point de vue des apports, certains étant très assidus et d'autres moins.

Caractérisation des déchets prélevés lors des campagnes

Les caractérisations physico-chimiques effectuées lors des différentes campagnes de l'étude sont présentées dans le Tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3. Suivi des mesures effectuées suivant les échantillons

		Campagne Ti et Tf (OMr)					Campagne de suivi (Biodéchets)			
		Ecole	Collège	Ehpad	FFE	Volontaires	Ecole	Collège	Ehpad	FFE
Caractérisation physique										
Analyses physico-chimiques	Carbone									
	Azote									
	Phosphore									
	MS									
	MV									
	MM									
	Lipides									
BMP										

La caractérisation physique est réalisée suivant la norme NF 30-408 qui décrit la méthode de caractérisation, de quartage, ainsi que les différentes catégories de tri.

En parallèle, les analyses physico-chimiques ont été réalisées selon les méthodes suivantes :

- Carbone et Azote Total : Mesure sur Appareil Thermo Flash 2000. Oxydation des composés carbonés en CO₂ et des composés azotés en oxydes d'azote (nitrates, nitrites) par combustion flash à 1800°C en présence de catalyseur, séparation chromatographique détection par un catharomètre.
- Matière sèche (MS), par séchage à 105°C
- Matière volatile (MV) et Matière Minérale (MM) par combustion de la MS à 550°
- Potentiel méthanogène (BMP) : mesure de la pression dans un réacteur fermé (batch), de volume fixe, et contenant une quantité connue de substrat mis en présence d'une quantité connue de micro-organismes anaérobies (inoculum) pendant une période pouvant aller jusqu'à 60 jours. Analyse chromatographique de la composition du gaz en CH₄ et CO₂

Caractérisation des émissions gazeuses et odeurs associées au stockage de biodéchets

Fréquence et méthode de prélèvement des déchets

La fréquence de prélèvement a été la même que pour les autres caractérisations. Pour chaque point d'apport, la collecte d'une journée a été prélevée afin de disposer d'un biodéchet non-stocké après apport. Après prélèvement, les biodéchets ont été transférés vers le laboratoire pour mise en pilote de stockage. Les résultats de la troisième campagne n'ont cependant pas pu être interprétés du fait de dysfonctionnements expérimentaux. Ainsi, seuls les résultats liés aux campagnes de prélèvements de septembre, décembre et avril seront présentés.

Dispositif expérimental de suivi du stockage

La configuration du point d'apport volontaire a été reproduite à une échelle pilote afin de permettre un suivi des émissions gazeuses dans un dispositif de type « chambre dynamique ».

Ainsi, pour chaque point d'apport, 20 kg de biodéchets ont été échantillonnés parmi le volume prélevé et placés dans un bac représentant la caisse-palette (Photographie 2). Le bac a été placé dans une chambre dynamique isolée de 300L représentant la Gaïabox (Photographie 3) dans laquelle un flux d'air de qualité médicale a été imposé (8L/min) afin de se situer dans un taux de renouvellement proche de la configuration des points

d'apport). Le volume d'air injecté est suivi au moyen d'un compteur à gaz et le flux d'air en sortie est analysé en terme de composition chimique et de concentration d'odeur.

La durée du suivi est de 10 jours afin de se situer dans une situation de stockage maximale (7j au point de collecte et 3j sur l'unité de méthanisation).



Photographie 2. Box de collecte de laboratoire



Photographie 3. Chambre dynamique de stockage

Analyses des gaz

Les compositions de l'air de balayage et de l'air vicié sont analysées au moyen d'un analyseur infrarouge Innova® (CH₄, CO₂, N₂O). La fréquence d'analyse est de l'ordre de 1 point de mesure toutes les 2h. Les concentrations en ammoniac ont été analysées au moyen du barbotage d'un aliquote du flux d'air vicié dans de l'acide sulfurique afin de se prémunir des problématiques d'interférence avec les alcools observés sur les analyseurs infrarouges pour ce type de composés gazeux.

Analyses odeurs

Les analyses de concentration d'odeur ont été réalisées à t=1,5j, t=3,5j et t=7,5j. Des échantillons de 30L de l'air vicié ont été collectés durant 30 minutes dans des poches en Nalophan® à l'air de poumons de prélèvement. Les échantillons sont analysés par olfactométrie dynamique au laboratoire selon la norme NF EN13 725.

NB : En complément des suivis sur les biodéchets, le potentiel odorant des ordures ménagères résiduelles a été évalué avant et après mise en place de la collecte des biodéchets (campagne initiale et finale). Une quantité contrôlée de chaque flux de déchet est mise en chambre dynamique de stockage de 300L. Pour la campagne initiale, 45 kg d'ordures ménagères résiduelles ont été mis dans les cellules. Pour les points finaux, la quantité a été réduite pour prendre en compte l'effet observé de la collecte des biodéchets sur les quantités d'OMr collectées. Un flux d'air de 8L/minute d'air de qualité médical est imposé. 30L de l'air vicié est échantillonné durant 30 minutes dans des poches en Nalophan en sortie de la chambre, puis envoyé en analyse olfactométrique.

Caractérisation des risques sanitaires associés aux biodéchets et à leur stockage

Fréquence et méthode de prélèvement des déchets

La fréquence de prélèvement est identique aux autres caractérisations effectuées sur les biodéchets. Pour la recherche d'indicateurs de la qualité sanitaire des biodéchets, un prélèvement de 100 g est effectué en conditions stériles à réception des biodéchets au laboratoire puis après 7 jours de stockage. Pour les troisième et quatrième campagnes, un prélèvement supplémentaire a été fait après 10 jours de stockage des biodéchets.

Protocole de mesure des espèces pathogènes

Dénombrement d'Escherichia coli

Vingt-cinq grammes de biodéchets sont pesés puis mélangés dans 225 ml d'eau peptonée tamponnée stérile. Cette première dilution au 10^{ième} est ensuite diluée jusqu'à 10⁻⁴ et la gamme de dilution est ensemencée dans la masse à raison de 1 ml par boîte du milieu sélectif TBX. Après 24 h d'incubation à 44°C, les colonies caractéristiques sont comptées. Les résultats sont exprimés en UFC/g et le seuil de détection est fixé à 10 E. coli par gramme de produit.

Recherche de Salmonella enterica

La recherche de *S. enterica* est effectuée dans 25 grammes de biodéchets grâce à un protocole d'enrichissement en deux étapes. Un premier enrichissement non sélectif est réalisé dans de l'eau peptonée tamponnée. Pour ce faire, 25 g de biodéchets sont pesés puis mélangés dans 225 ml d'eau peptonée tamponnée stérile. Après une étape d'incubation de 24 h à 37°C, 1 ml est prélevé puis ajouté dans 9 ml de milieu sélectif MKTTn. Après incubation 24 h à 41,5°C, 10 µl d'enrichissement sont isolés sur une gélose sélective XLT4. Suite à 24 h d'incubation à 37°C, les colonies caractéristiques de *S. enterica* sont repérées. Provenant d'un enrichissement, la réponse analytique est Présence ou Absence dans 25g.

Recherche de Listeria monocytogenes

La recherche de *L. monocytogenes* est effectuée dans 25 g de biodéchets à l'aide d'un protocole d'enrichissement en deux étapes. La première étape consiste à incuber 25 g de biodéchets dans 225 ml de milieu de Fraser ½ pendant 24 h à 30°C. Lors du second enrichissement, 0.1 ml est prélevé du premier enrichissement et ajouté à 9 ml de milieu sélectif Fraser. A la suite de 48 h d'incubation à 37°C, 10 µl d'enrichissement sont isolés sur une gélose sélective Rapid'L mono. La lecture des boîtes s'effectue après 24 h et 48h si nécessaire d'incubation à 37°C. Provenant d'un enrichissement, la réponse analytique est Présence ou Absence dans 25g.

Recherche des bactéries du complexe Klebsiella pneumoniae sensu lato (complexe Kp)

Vingt-cinq grammes de biodéchets sont ajoutés à 225 ml d'eau peptonée tamponnée. A la suite de 24 h d'incubation à 30°C, 10 µl d'enrichissement sont isolés sur une gélose SCAI. Après 24 h d'incubation à 37°C, les colonies caractéristiques sont repérées. Provenant d'un enrichissement, la réponse analytique est Présence ou Absence dans 25g., les bactéries du complexe Kp sont recherchées directement à partir du bouillon d'enrichissement par PCR en temps réel ZKIR (Barbier et al, 2020).

Résultats

Caractérisation des performances de la collecte des biodéchets en apport volontaire

Performance et incidence de la mise en place de la collecte sélective de biodéchets

Quantités collectées et évolution au cours de l'année de suivi

Information et limites concernant les données de quantités collectées

La pesée embarquée sur les GaïaBox est une source d'information importante permettant de suivre les différents dépôts de biodéchets pour chaque producteur : les fréquences d'apports ainsi que les quantités collectées.

Dans le cadre de l'étude les données recueillies devaient permettre de connaître les usages et habitudes des différents acteurs de l'étude. Cependant, au cours de l'année d'étude, certains problèmes sont apparus quant à l'utilisation des systèmes de collecte (défaut de batterie des systèmes de pesée ; déplacement non prévu des GaïaBox ou méthode d'enlèvement des caisses-palettes ne correspondant pas aux préconisations du constructeur ayant entraîné des dysfonctionnements du système de pesée ; etc.). La résolution de ces problèmes nécessitant du temps, et pour éviter un arrêt de la collecte des biodéchets, l'utilisation du badge a alors été interrompu ainsi que l'enregistrement de la pesée. Cette solution a permis aux producteurs de continuer à utiliser le système mais il existe un défaut d'enregistrement des données sur certaines périodes.

Pour un des producteurs, l'utilisation normale de la GaïaBox a été effective jusqu'à la mi-octobre 2021. Il n'y a pratiquement pas de données au-delà de cette date, ce qui ne permet pas d'effectuer une analyse des apports effectués.

Ces différents problèmes ont entraîné un manque de données sur les périodes suivantes :

- **FFE** : pas de données à compter de mi-octobre 2021 exceptées trois pesées en décembre
- **Ecole + foyers volontaires**
 - o Pour école et volontaires, pas de données sur les périodes suivantes :
 - 26/12 au 30/01
 - 12/05 au 19/05
 - Absence de données pour les volontaires sur 1,5 mois sur 12 mois
 - Mois incomplet, décembre et mai
 - o En plus, pour l'école, pas de données (mais GaïaBox en fonctionnement) :
 - 17 au 26/11
 - 13 au 17/12
 - 1 pesée en février
 - 3 pesées en mars
 - Ecole, absence de données sur 3 à 4 mois sur 11 mois
 - Mois incomplet novembre, décembre, mai
- **Ehpad**
 - o Pas de données sur les périodes suivantes :
 - o 25/12 au 9/02
 - o 20/02 au 25/03
 - o 31/03 au 5/04
 - o 13/05 au 19/05
 - Manque d'environ 3 mois de données sur l'année

- Mois incomplets décembre, février, mars, avril et mai
- **Collège**
 - Pas de données sur les périodes suivantes :
 - Après l'été, pesées à partir du 09/09
 - 31/01 au 4/02 : 1 seule pesée
 - 21/02 au 9/04 : seulement 3 pesées
 - 9/05 au 12/05
 - 25/05 au 29/05
 - Collège, absence de données sur 1,5 à 2 mois sur 10 mois (hors juillet et août).
 - Mois incomplet : février, avril et mai

En parallèle, les deux établissements scolaires ont été fermés lors des vacances scolaires :

- Juillet et août (seulement août pour l'école)
- 25/10 au 7/11
- 20/12 au 2/02
- 7/02 au 20/02
- 11/04 au 24/04

Un retour de la mairie semble montrer que les masses mesurées sur points de collecte sont inférieures à ce qui peut être enregistré lors de la livraison des biodéchets sur le site de valorisation et donc une sous-estimation possible des quantités collectées au niveau de la pesée embarquée. Les données présentées dans cette partie se basent néanmoins sur les données de pesées enregistrées par le point de collecte (Figure 7).

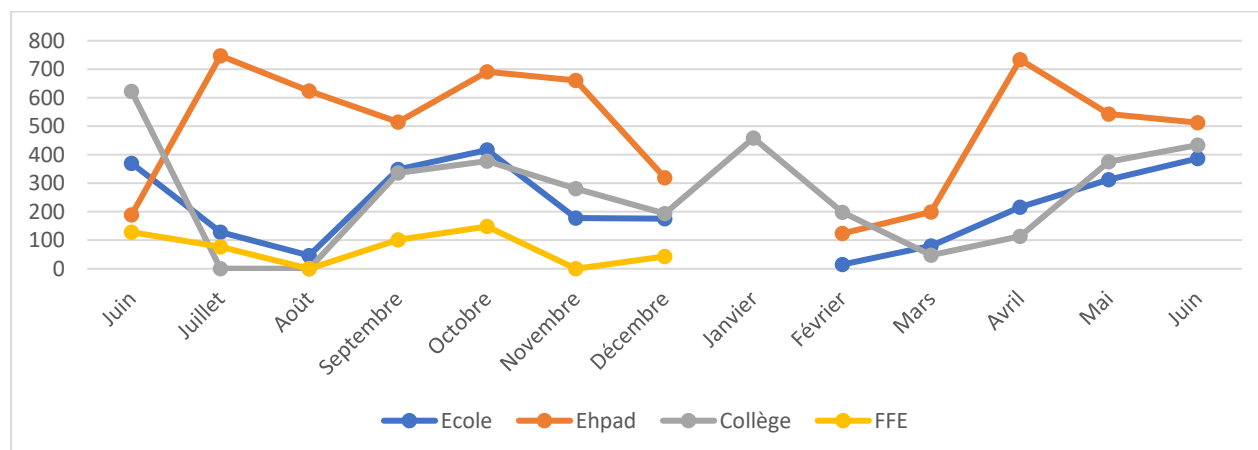


Figure 7. Suivi des pesées enregistrées des gros producteurs par mois

Le manque de données enregistrées a principalement eu un impact sur la période hivernale à partir de mi-décembre et jusqu'au mois de mars. Les analyses de gisement se basent donc sur des données incomplètes et seront donc sous-estimées par rapport à la réalité.

Par ailleurs, certaines données attribuées à des apports de foyers-volontaires paraissent, aberrantes lors des mois de février à avril, avec par exemple un apport de 180 kg. D'après l'équipe Axibio, le problème semblerait venir du fonctionnement de la GaïaBox à ce moment-là. En effet, à certaines périodes, les dépôts dans la GaïaBox ont été possibles

avec et sans badge. Les dépôts effectués sans l'utilisation du badge n'étaient alors comptabilisés qu'au moment du prochain dépôt avec badge entraînant une surestimation de ce dernier dépôt. Ainsi des dépôts provenant du restaurant scolaire ou d'autres usagers ont pu être pris en compte lors d'un autre dépôt. Cela se traduit par peu de dépôts enregistrés sur les mois de février – mars dans le point de collecte « Ecole », mais également des valeurs aberrantes pour certains foyers-volontaires. Ces valeurs aberrantes ont donc été supprimées en fonction de l'historique des apporteurs : les apports de masses importantes d'un volontaire ne faisant usuellement que des dépôts de masses faibles ont été supprimés.

Analyse des données de quantités collectées

Par les gros producteurs, l'EHPAD est celui qui produit le plus de biodéchets (Figure 7). Il a pourtant un nombre d'usagers plus faible que l'école et le collège mais avec 3 services par jour pour une majorité des résidents, 7 jours sur 7 et sans vacances scolaires, la production est plus importante. Les données montrent que chaque mois, il y a entre 500 et 750 kg par mois, ce qui donne un gisement supérieur à 6 T_{biodéchets} par an.

Concernant les deux établissements scolaires collectés, il est difficile de différencier, à cause du manque de données, les périodes avec des vacances scolaires courtes des périodes sans vacances scolaires. Cependant, les mois de mai, juin, septembre et octobre semblent ceux avec une production plus importante sachant que parmi ces 4 mois, seul le mois d'octobre était impacté par les congés (une semaine). La production de biodéchets pour ces deux établissements atteint 200 à 400 kg/mois. Le gisement annuel de biodéchets est supérieur à 3 T_{biodéchets} par an pour chaque établissement.

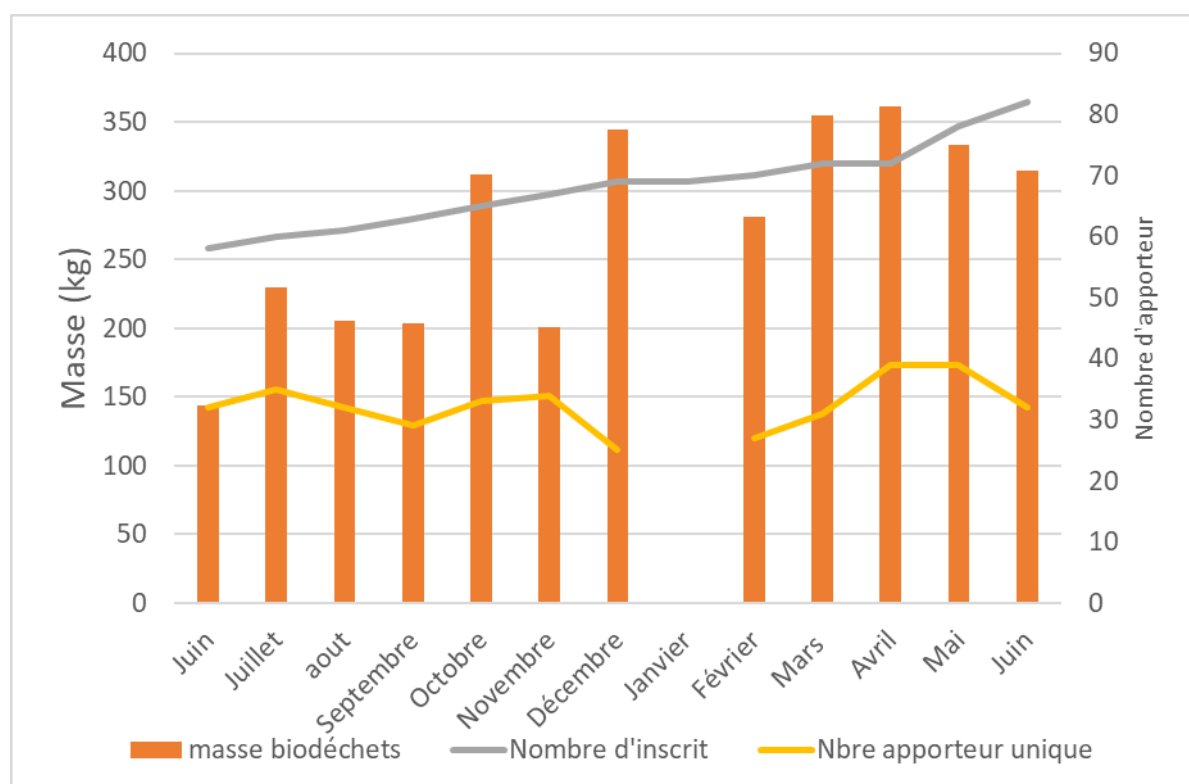


Figure 8. Suivi des pesées enregistrées concernant les volontaires

Les productions de biodéchets des foyers volontaires sont quant à elles décrites à la Figure 8, qui présente deux courbes :

- Le nombre d'inscrits
- Le nombre d'apporteurs du mois, c'est-à-dire, les foyers inscrits qui ont effectué au moins un dépôt au cours du mois.

Mensuellement, environ 50% des inscrits (40 à 60%) font au moins un dépôt de biodéchets.

Les quantités cumulées apportées par les foyers volontaires se situent entre 200 et 350 kg par mois (sauf le premier moi – Juin 2021), ce qui donne un gisement sur l'année observé de l'ordre de 3T pour environ 35 à 40 foyers apporteurs, soit environ 80kg de biodéchets collectés par foyer et par an. La composition moyenne des foyers étant de 2 personnes, le taux de captage des biodéchets serait donc d'environ 40 kg par personne et par an, ce qui est de l'ordre des quantités captées usuellement en compostage domestique.

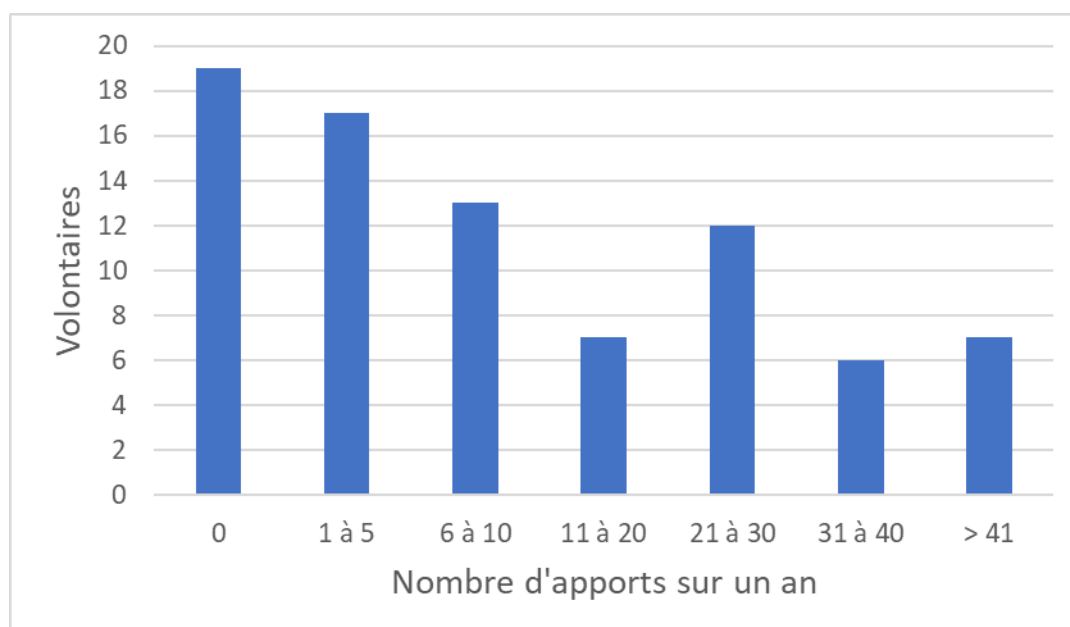


Figure 9. Suivi des apports de biodéchets

Le nombre d'apports varie selon les volontaires, tel que montré à la Figure 9. Sur les foyers volontaires inscrits, 19 n'ont en fait jamais effectués d'apport au point de collecte, ce qui représente environ 23% des volontaires inscrits. Un peu moins de 40% des volontaires ont effectué moins d'un apport par mois. Parmi ceux-ci, un peu moins de 15 volontaires ont commencé à effectuer des apports avant de s'arrêter au bout de plusieurs mois. Enfin, un peu moins de 40% des volontaires ont effectué plus d'un apport par mois. Les apporteurs les plus réguliers étant autour d'un apport par semaine.

L'apport unitaire moyen est sur l'année autour de 2 kg mais avec une disparité importante, entre de petits apports de l'ordre de quelques centaines de grammes et des apports de plusieurs dizaines de kilogramme (Figure 10). En dépit de cette disparité, 50% des apports se situent entre 1 et 3 kg.

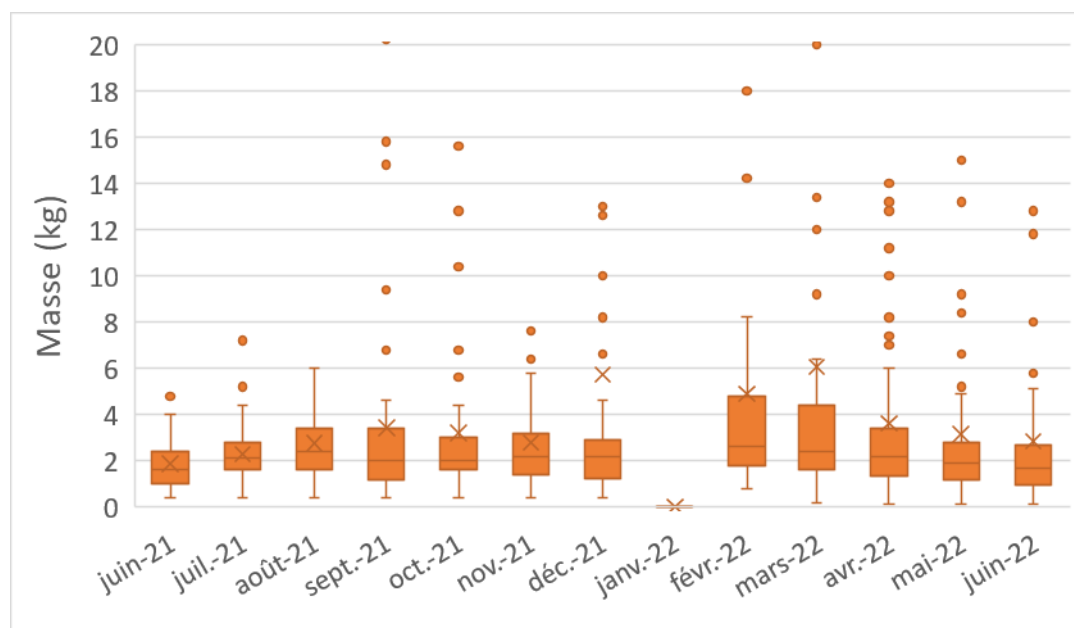


Figure 10. Masse des apports des volontaires dans le box de collecte (Pour des raisons de facilité de lecture, les apports supérieurs à 20 kg ne sont pas représentés).

A retenir

- Gros producteurs
 - Le gisement de chaque gros producteur se situe entre 3TBiodéchets/an et un peu plus de 6TBiodéchets/an
 - Sur l'année, forte variabilité des quantités mensuelles apportées pour un même gros producteur.
- Foyers-volontaires
 - Environ 25% des inscrits n'ont effectués aucun apport de biodéchets au cours de l'expérimentation : problème d'adhésion
 - Sur l'année, apport régulier de 50% des inscrits, avec variation de l'identité de ces inscrits
 - Gisement moyen capté d'environ 80 kg par foyer par an (grande disparité – 1 à 120 kg/an ; masse moyenne par apport de 2 kg ; fréquence d'apport faible inférieure à 1 apport par semaine)

Qualité des OMr avant et après mise en place du tri et de la collecte sélective de biodéchets

Gros producteurs

Collège

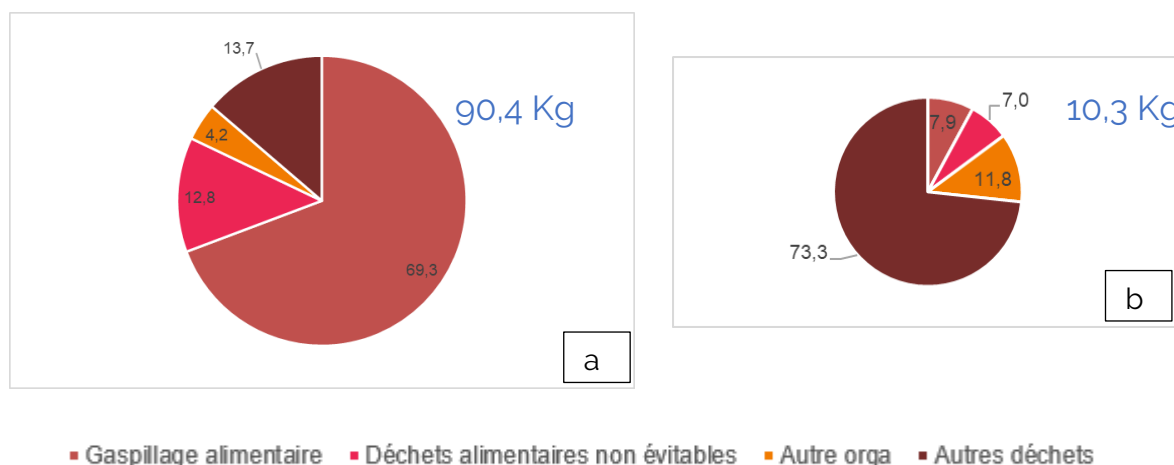


Figure 11. Campagne de caractérisation des OMr avant et après la mise en place de la collecte sélective pour le collège (composition donnée en % massique)

Le gisement initial d'OMr du collège est composé à 82% de biodéchets dont une part importante due au gaspillage alimentaire (Figure 11a).

Un an après la mise en place de la collecte séparée des biodéchets, la quantité des OMr collectée lors de la campagne de mesure, a diminué de presque 90% (Figure 11b). La part restante de biodéchets dans ce flux est de 15% de ce nouveau flux, presque à parité entre gaspillage alimentaire et déchets alimentaires non évitables.

Au regard des mesures enregistrées sur la plateforme web, sur les deux jours correspondant au gisement d'OMr collecté en fin d'expérimentation, il a été récupéré 79,2 kg de biodéchets dans la GaïaBox. Ainsi, seuls 2% de biodéchets produits subsistent dans le flux des ordures ménagères résiduelles. Ainsi, la collecte des déchets alimentaires a permis de capter approximativement tout le flux produit par la restauration du collège.

Une partie des déchets alimentaires retrouvés dans les OMr en fin d'expérimentation sont classés dans la catégorie des déchets alimentaires évitables emballés. Ce sont par exemple, des pots de yaourt ou des portions de beurre, qui sont encore dans leur emballage complet.

Ecole

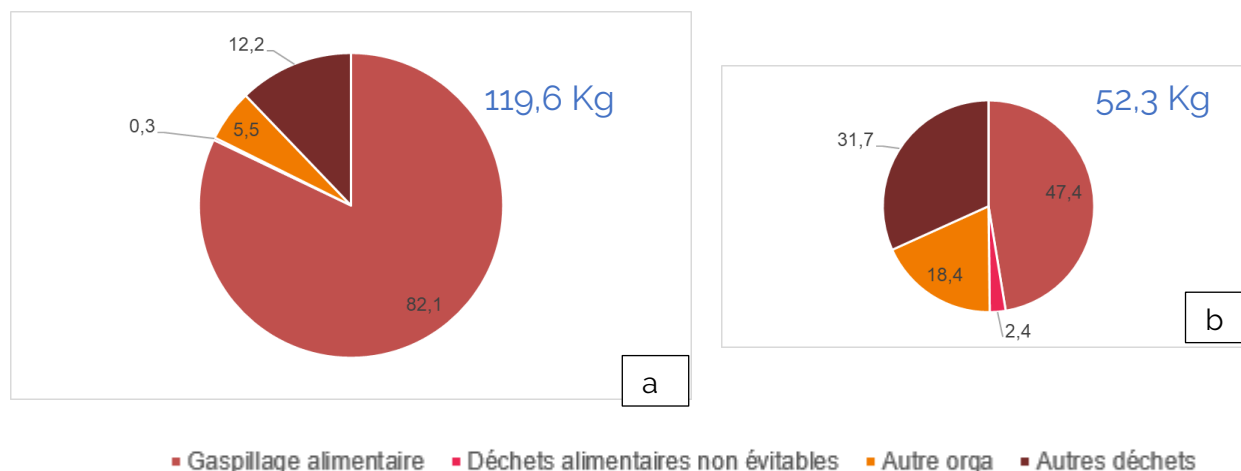


Figure 12. Campagne de caractérisation des OMr avant et après la mise en place de la collecte sélective pour l'école (composition donnée en % massique)

Le gisement initial d'OMr est composé à plus de 80% de biodéchets avec ici aussi une part importante de gaspillage alimentaire (Figure 12 a).

L'évolution de la masse des OMr de l'école, entre les deux caractérisations, montre une diminution de 56% des quantités (Figure 12 b). La proportion de biodéchets dans les OMr passe de 82% à moins de 50%.

En terme de quantité, la part de biodéchets dans les OMr a diminué de 74% et il reste donc environ un quart du gisement initial de biodéchets qui ne sont pas collectés et valorisés.

A cause d'un dysfonctionnement sur la GaïaBox, il n'y a pas de données sur le dépôt de biodéchets les jours correspondant à la campagne finale de caractérisation de OMr. Il n'est donc pas possible d'évaluer le gisement de biodéchets après mise en place de la collecte sélective et de conclure quant à la part de ce gisement restant finalement dans les OMr.

EHPAD

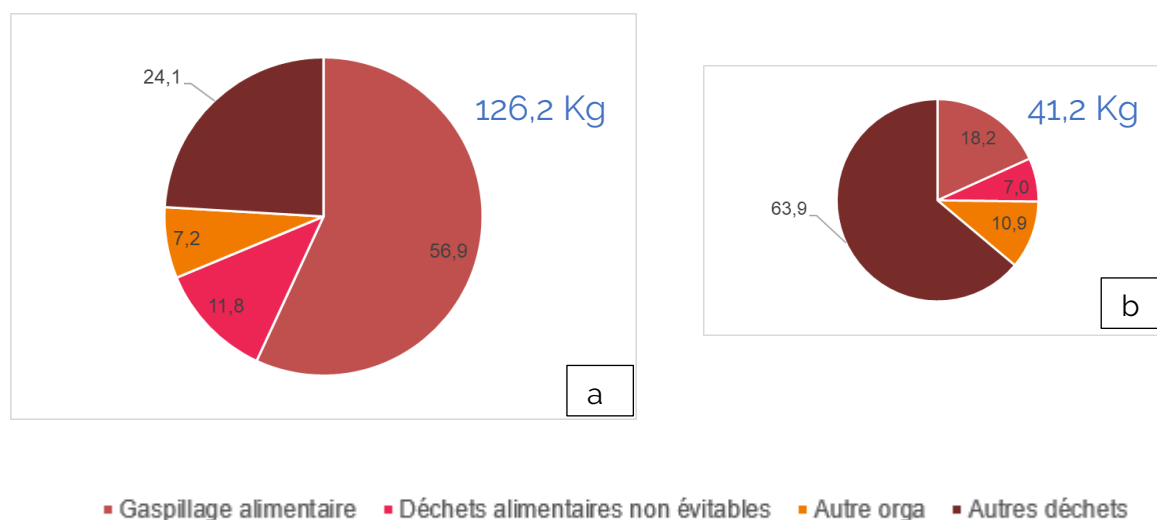


Figure 13. Campagne de caractérisation des OMr avant et après la mise en place de la collecte sélective pour l'EHPAD (composition donnée en % massique)

Le gisement initial d'OMr de l'EHPAD est composé à environ 70% par des biodéchets dont les 2/3 sont issus du gaspillage alimentaire (Figure 13 a).

En proportion, la part des biodéchets dans les OMr passe de 68,7% à 25,2% entre les deux caractérisations (Figure 13 b).

Entre les deux campagnes, la durée de collecte n'a pas été la même. En effet, lors de la première campagne, le volume collecté correspondait à 4 jours de production de déchets. Cependant, contrairement à la campagne initiale, lors de la campagne finale les OMr ont été collectées le lundi matin par le SMICTOM de Sologne. Nous n'avons alors pu collecté que les OMr produites le lundi et le mardi. Pour corriger le biais créé sur les quantités collectées, les quantités mesurées lors de la campagne finale ont été multipliées par 2 sur la Figure 13 b pour reproduire les quantités attendues s'il y avait eu une durée de collecte équivalente à la première campagne.

En terme de quantité, les biodéchets présents dans les OMr montrent une diminution de 88% entre les deux campagnes et 12% du flux de biodéchets n'est pas capté par la Gaïabox. Ce sont notamment le cas des biodéchets issus du service en chambre des résidents.

A cause d'un dysfonctionnement, il n'y a pas de données sur le dépôt de biodéchets dans la GaïaBox au cours de la période de collecte des OMr (TF).

FFE

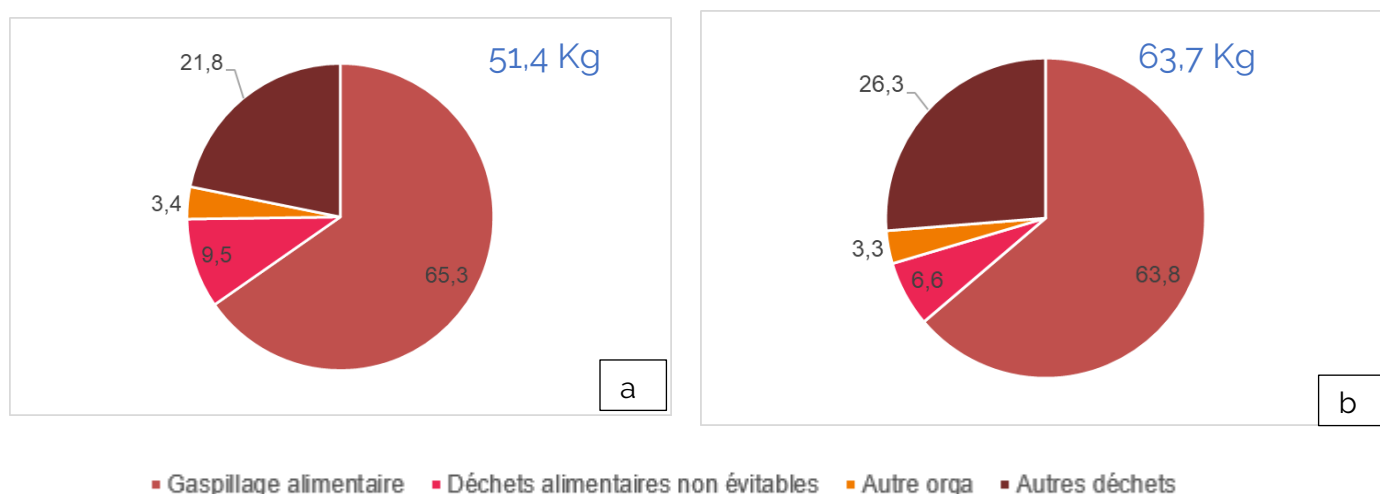


Figure 14. Campagne de caractérisation des OMr avant et après la mise en place de la collecte sélective pour la FFE (en %)

Il y a très peu de changement dans les OMr récupérés sur le site de la FFE entre la caractérisation avant la mise en place de la collecte et celle réalisée en fin de projet (Figure 14). Il n'est pas possible de tirer de réelles conclusions concernant ces résultats. En effet, bien qu'aucun effet ne semble ici observable, il y a bien des dépôts de biodéchets dans le point d'apport volontaire.

Deux éléments ont pu impacter le flux collecté en fin de projet :

- Animation sur le week-end précédent dont une partie des déchets de restauration n'a pas été trié
- Modification du nombre de personnes sur site après une période où le télétravail

était plus important (impact à la marge)

Il est donc compliqué d'effectuer une analyse des résultats obtenus à partir de ces deux campagnes de caractérisations.

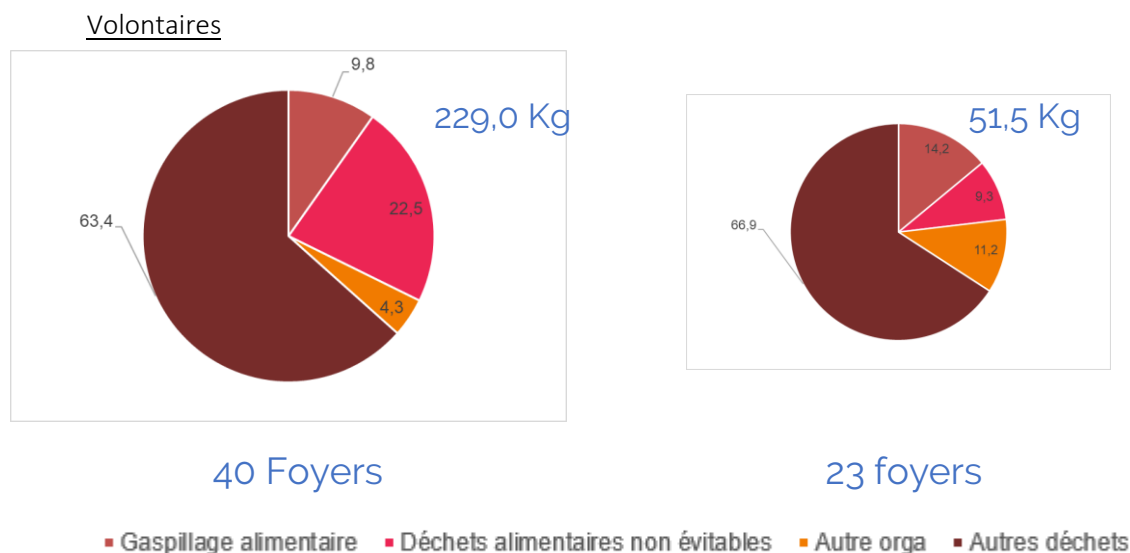


Figure 15. Campagne de caractérisation des OMr avant et après la mise en place de la collecte sélective pour les foyers volontaires

Selon les résultats des deux campagnes (Figure 15), la quantité moyenne d'OMr collectées par foyer a diminué après mise en place de la collecte sélective de biodéchets :

- 5,7 kg_{OMr}/foyer/semaine pour la première caractérisation
- 2,2 kg_{OMr}/foyer/semaine pour la deuxième caractérisation

La part de biodéchets passe de 32,3% avant collecte, ce qui correspond à la proportion donnée par la campagne nationale de caractérisation effectuée par l'Ademe à 23,5% après mise en place de la collecte. Ce qui représente en quantité :

- 1,8 kg_{biodéchets}/foyer/semaine avant la mise en place de la collecte sélective des biodéchets
- 0,5 kg_{biodéchets}/foyer/semaine après la mise en place de la collecte sélective des biodéchets

La part moyenne par foyer de biodéchets résiduelle dans les OMr semble donc avoir été pratiquement divisée par 4.

Entre ces deux campagnes, la diminution de la part de biodéchet aurait dû s'accompagner d'une augmentation de la part des autres déchets organiques et des autres déchets. Si c'est bien le cas pour la première catégorie, il peut être remarqué une très faible augmentation des autres déchets. Ainsi ces résultats sembleraient indiquer que la quantité moyenne par foyer d'autres déchets produits diminue également après la mise en place du tri et de la collecte sélective des biodéchets.

Ceci pourrait s'expliquer par les observations faites au cours des deux campagnes :

- Une partie des participants a modifié sa façon de consommer afin de limiter leurs déchets, avec un meilleur tri des recyclables, et une diminution de leur production de déchets. Cela a été observé chez certains volontaires lors de la collecte.
- Une disparition de certains types de déchets entre les deux campagnes. C'est

notamment le cas pour la litière de chat. Présente de manière importante lors de la première campagne, elle a pratiquement disparu lors de la seconde.

- La collecte s'est déroulée après un long week-end, cela a pu impacter la production des déchets des volontaires (absence...).

Une limite à ces caractérisations et à l'interprétation des résultats obtenus est cependant le fait que les foyers caractérisés en fin de projet ne sont plus tout à fait les mêmes que ceux caractérisés en début de projet. En effet, une partie des volontaires inscrits n'ayant jamais fait d'apport, ils n'ont pas été pris en compte pour effectuer la seconde caractérisation. Il en est de même pour les apporteurs ayant effectués des dépôts lors des premiers mois avant d'arrêter ceux-ci. Ainsi, les foyers collectés dans la seconde caractérisation sont ceux faisant au moins un apport par mois. Le gisement de ces volontaires « actifs » dans les dépôts de biodéchets, est ainsi plus limité, et les faibles quantités collectées posent quelques questions sur la représentativité de ce gisement.

A retenir

- Diminution des quantités d'OMr entre l'avant et l'après collecte des biodéchets (sauf FFE, pour lequel il est impossible d'avoir des conclusions)
 - Gros producteurs : diminution de 50 à 90%
 - Volontaires : tendance à la diminution de 30% d'OMR/foyer
- Diminution des biodéchets dans les OMr
 - Gros producteurs : diminution de 74 à 98% des biodéchets dans les OMr
 - Volontaires : diminution d'un peu moins de 75%

Qualité des biodéchets triés et collectés sur les points d'apport

Gros producteurs

Collège

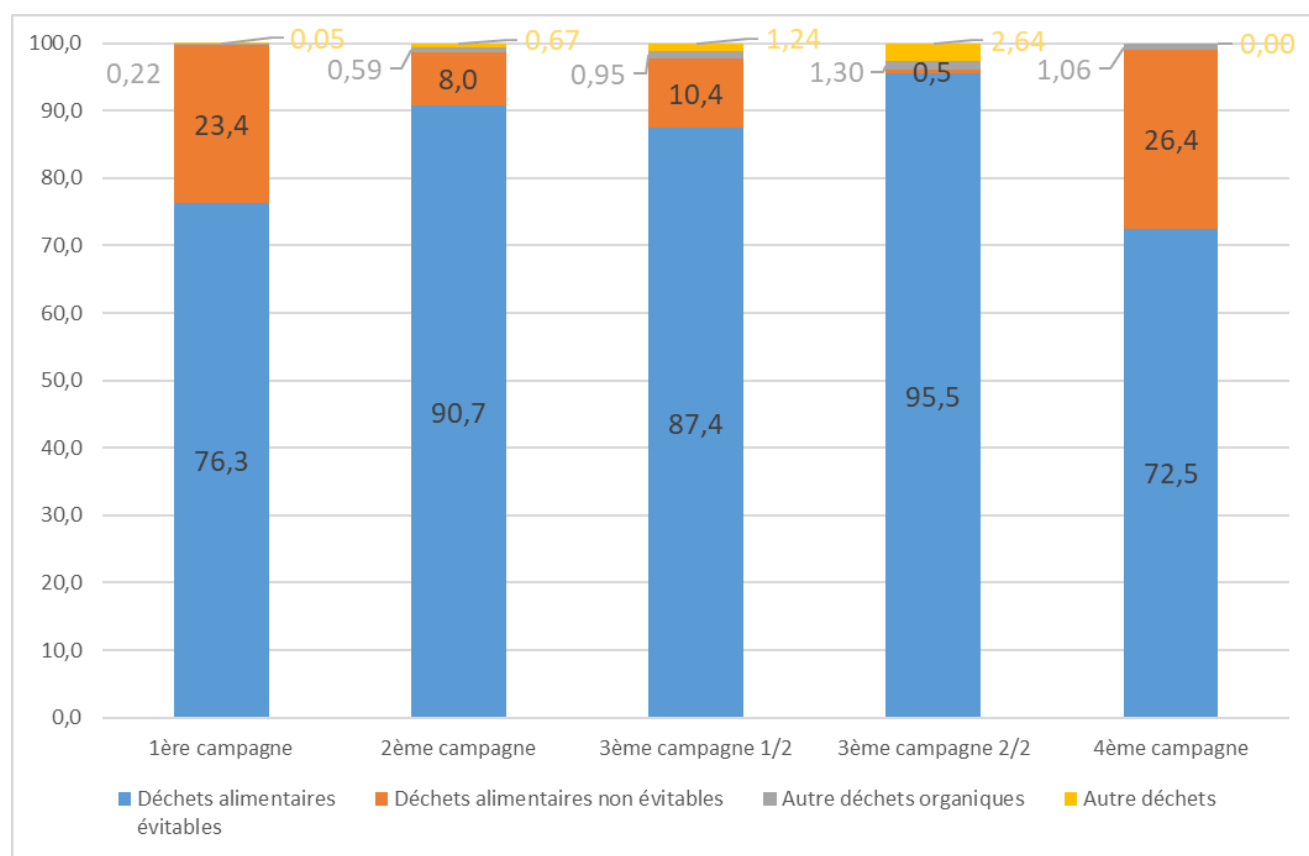


Figure 16. Résultats des campagnes de caractérisation des biodéchets réalisées sur un an pour le collège - Deux sessions de caractérisation ont été réalisées lors de la 3^{ème} campagne pour montrer les écarts qu'il peut y avoir sur deux caractérisations à un jour d'écart

Les caractérisations menées lors des quatre campagnes de la période de suivi des GaïaBox (Figure 16) montrent les résultats suivants :

- Part de biodéchets : entre 96 et 99% du flux
- Autres organiques : entre 0,2 et 1,3 % avec une tendance à l'augmentation au cours du temps
- Autres déchets : entre 0 et 2,6 %

Le flux est globalement de bonne qualité mais il peut y avoir une présence d'impuretés correspondant principalement à des erreurs de tri. Concernant les deux sessions de tri de la 3^{ème} campagne qui montre les taux d'indésirables les plus importants, la composition détaillée de la catégorie des autres déchets donne les résultats suivants :

- 1^{ère} campagne : 1,3% d'impuretés dont :
 - o 0,9% de papier carton ne posant pas de problème de décomposition pendant la méthanisation
 - o 0,4 d'autres déchets correspondant aux contenants en céramique, gants en latex...
- 2^{ème} campagne : 2,6% d'impuretés dont :
 - o 1,5% de papier carton
 - o 0,4% de verre

- 0,8% d'autres déchets, principalement, un contenant servant pour les entrées

La part de gaspillage alimentaire est importante, oscillant entre 73 et 96% du flux. Les biodéchets non évitables représentent entre 0,5 et 27%

Ecole + volontaires

Ce point de collecte reçoit les biodéchets de l'école mais aussi les biodéchets des volontaires. Expérimentalement, il n'a donc pas été possible de caractériser séparément ces deux origines d'apports.

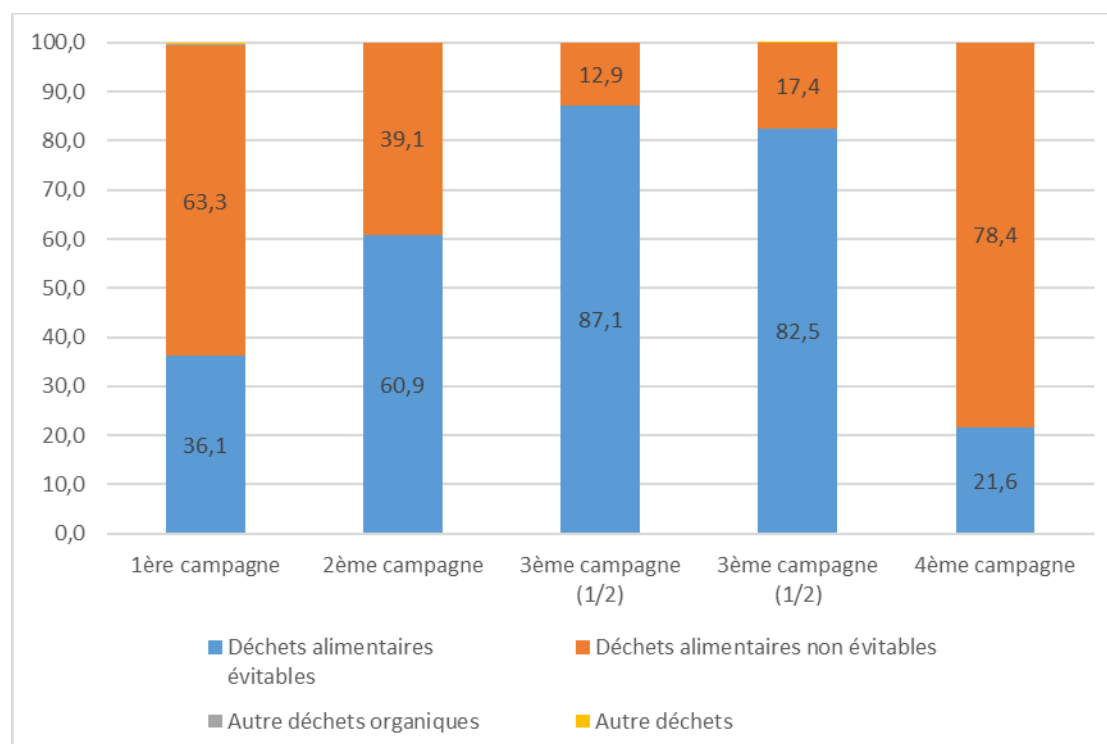


Figure 17. Résultats des campagnes de caractérisation réalisés sur un an pour l'école et les volontaires

Les caractérisations menées lors des quatre campagnes montrent les résultats suivants (Figure 17):

- Part de biodéchets : > 99,4% du flux
- Autres organiques : pas de présence sauf première campagne (0,15%)
- Autres déchets : ~ 0% sauf première campagne où il y a la présence de sacs plastiques contenant des abats (0,4%) provenant d'un volontaire.

La qualité des biodéchets de ce box est presque parfaite. Le taux du gaspillage alimentaire représente entre 22% et 87%. Le taux est plus bas que pour les autres gros producteurs, car le flux de biodéchets de l'école est mélangé avec les biodéchets des volontaires contenant une part plus importante de déchets alimentaires non évitables comme les caractérisations initiales l'ont montrées (Figure 12a et Figure 15a).

EHPAD

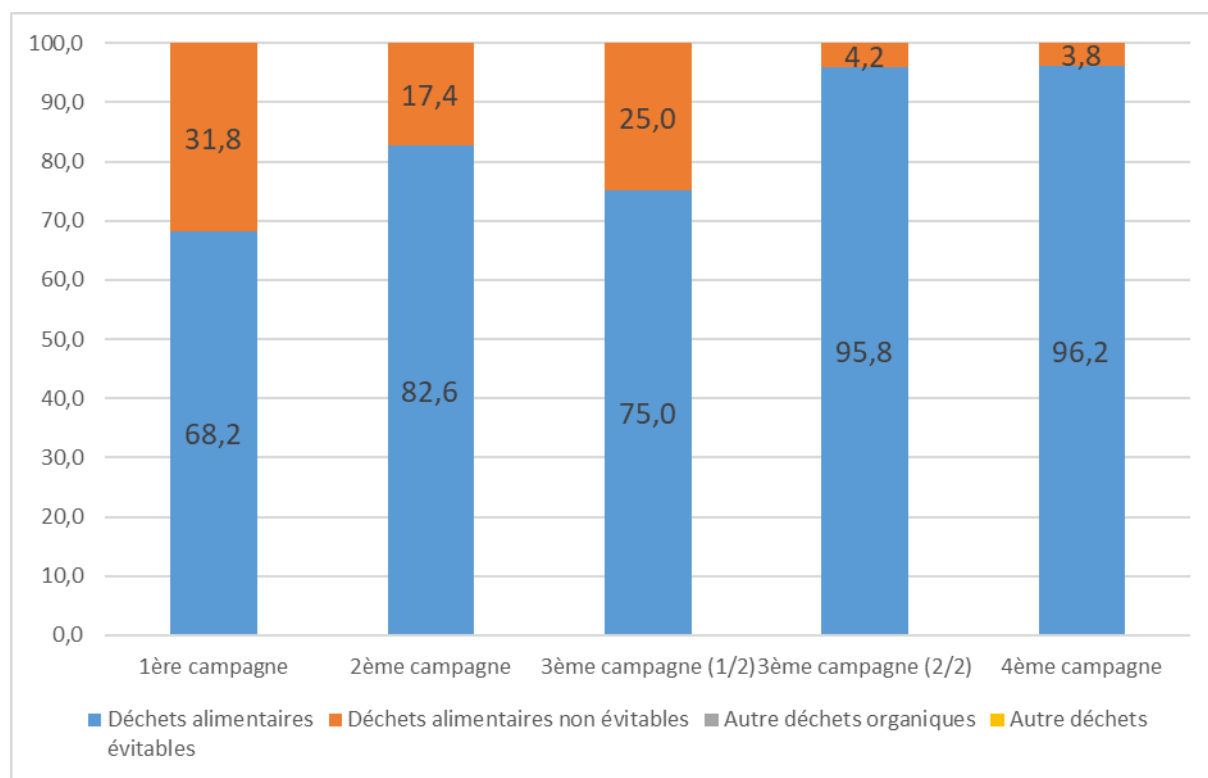


Figure 18.. Résultats des campagnes de caractérisation réalisés sur un an pour l'EHPAD

Les caractérisations menées lors des quatre campagnes montrent les résultats suivants (Figure 18) :

- Part de biodéchets proche de 100%
- Il y a parfois la présence de quelques indésirables mais leur part est proche de 0 (0,02 à 0,04%)

La part de gaspillage alimentaire varie entre 70 et 96%. Elle semble être en augmentation sur les dernières campagnes.

La qualité du tri effectué par le personnel de l'établissement montre une bonne maîtrise des consignes, avec une présence rare d'indésirable.

FFE

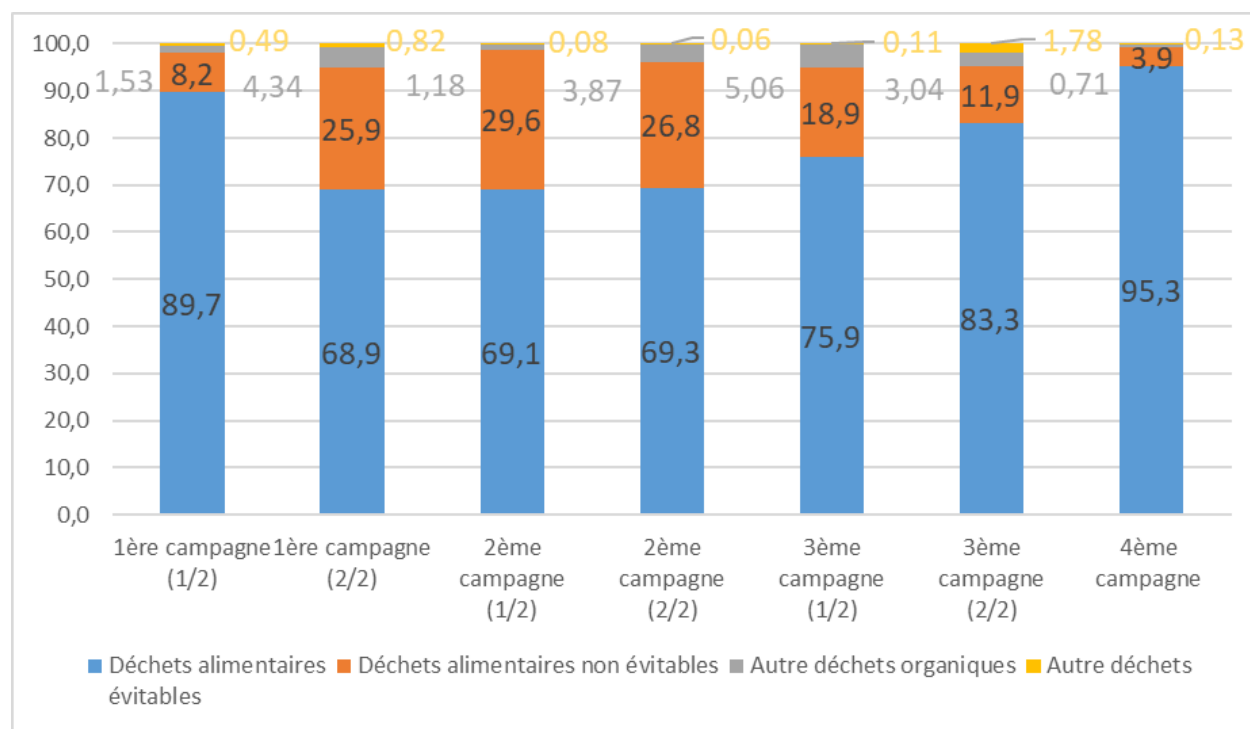


Figure 19. Résultats des campagnes de caractérisation réalisés sur un an pour la FFE

Pour ce gros producteur, la caractérisation des biodéchets collectés a été effectuée deux fois par campagne, excepté pour la dernière (Figure 19). Cela permet de montrer la forte variabilité des apports d'un jour à l'autre avec des quantités allant de quelques kilos à 90 kg. Une partie importante du flux, surtout lors des premières campagnes, était essentiellement composé de pain.

Les caractérisations menées lors des quatre campagnes donnent les résultats suivants :

- Part de biodéchets : entre 95 et 99%
- Autres organiques : entre 0,7 et 5% du flux
- Autres déchets : entre 0 et 1,8% du flux (moyenne 0,5%)

Sur une campagne, la présence importante d'indésirables provenant d'emballages souligne un mauvais tri en amont. Le tri est effectué par les utilisateurs, sachant que l'espace de restauration a vocation à accueillir des extérieurs, ce qui peut expliquer la variabilité de la présence des indésirables.

A retenir

- Globalement la qualité des biodéchets collectés est très bonne
 - pas d'impuretés lorsque les employés de la structure de restauration font le tri ainsi que chez les volontaires
 - Présence d'erreurs de tri là où les usagers effectuent le geste de tri
 - Importance de la communication
 - Difficulté de la variation de la population d'usagers
- Part importante du gaspillage alimentaire dans les flux collectés pouvant aller jusqu'à plus de 90% du flux et potentiellement lié à :
 - Peu de préparation sur place
 - Gestion des quantités cuisinées compliquée

Evolution de la matière sèche et de la matière volatile des biodéchets au cours du temps

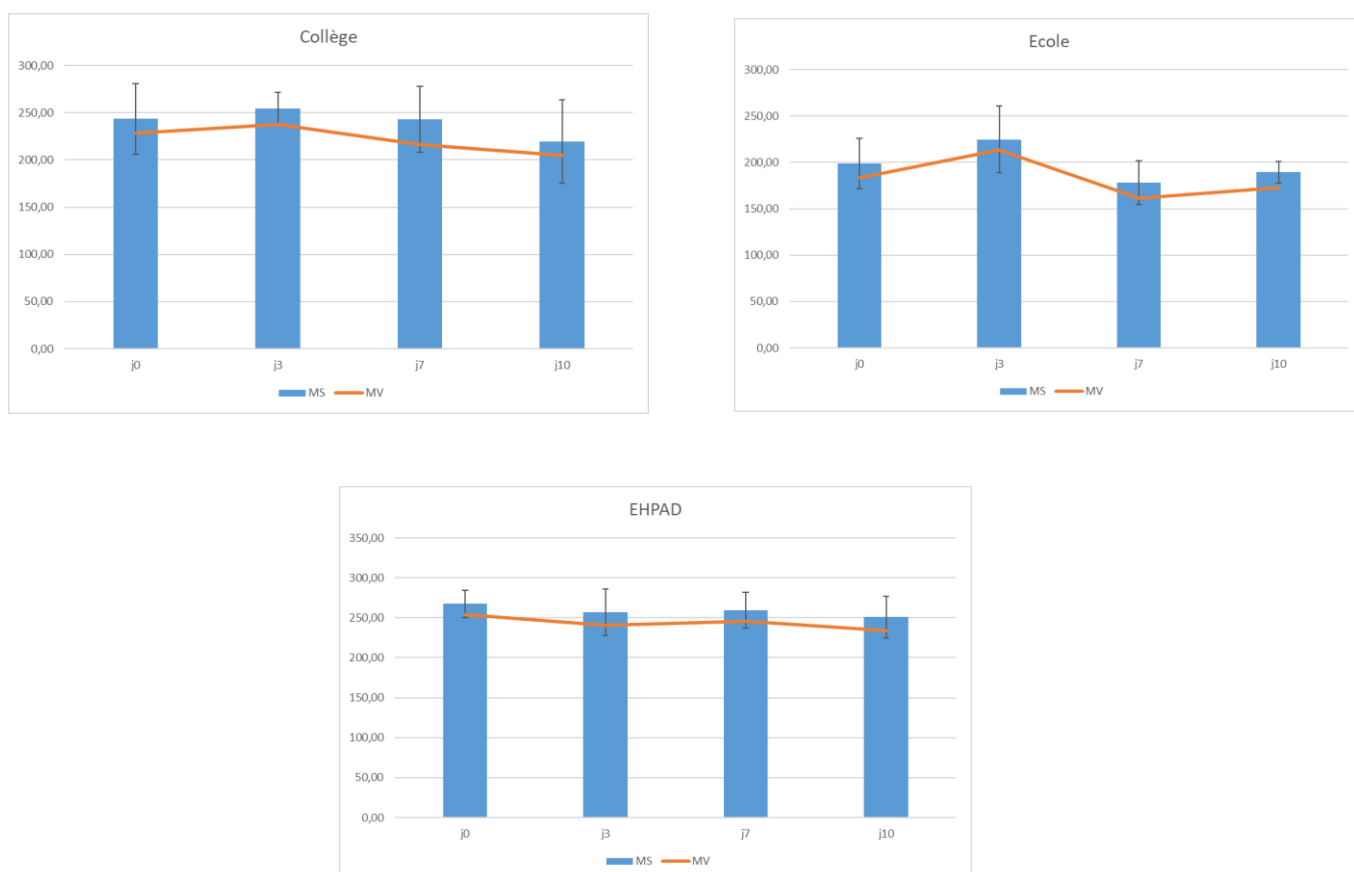


Figure 20. Evolution de la MS et de la MV au cours du temps pour le collège, l'école et l'EHPAD (MS en g_{MS}/kg et MV en g_{MV}/kg)

Les trois échantillons présentent une teneur en matière sèche comparable entre eux aux alentours de 200 à 250 g_{MS}/kg. Cette teneur évolue peu au cours du stockage.

La matière sèche est composée en très grande partie par de la matière volatile, les teneurs en matière minérale se trouvant principalement entre 10 et 20 g_{MM}/kg.

Evolution des biodéchets triés au cours du stockage dans la GaïaBox.

Potentiel méthanogène (BMP)

Des analyses de BMP ont été effectuées sur les échantillons récupérés lors des campagnes de suivi mais aussi au cours de leur stockage, simulé en condition de laboratoire, afin de mesurer l'évolution du pouvoir méthanogène dans la période comprise entre le dépôt du biodéchets au point de collecte et sa livraison sur le site de méthanisation.

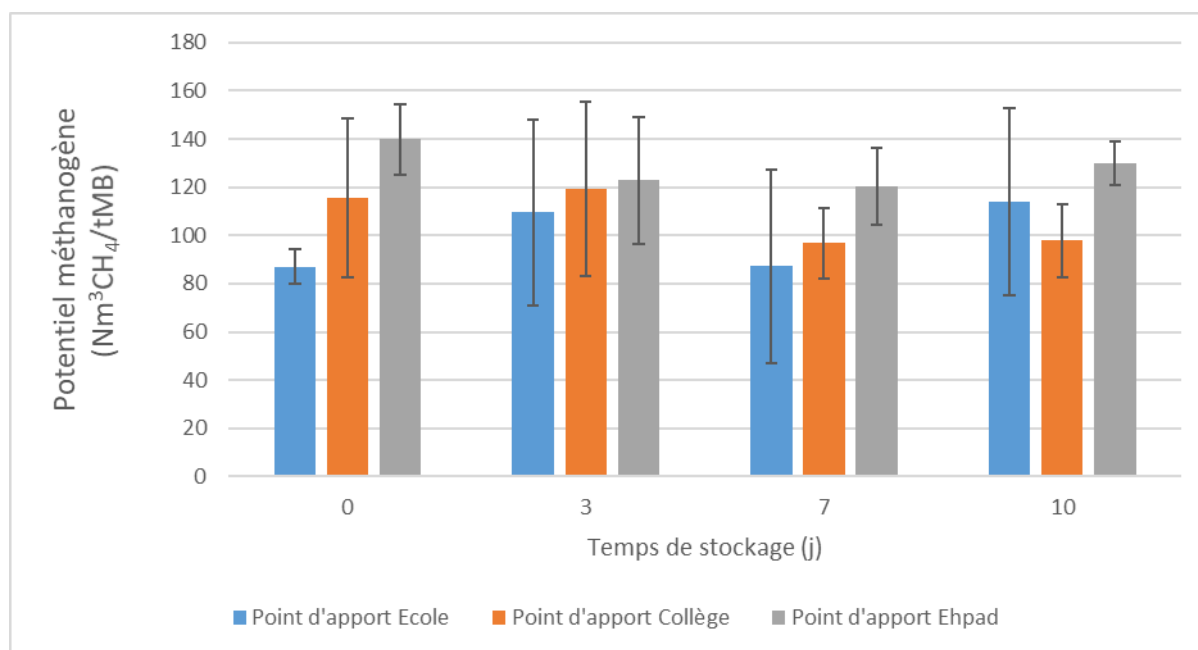


Figure 21. Mesures moyennes du potentiel méthanogène au cours du temps de stockage

La Figure 21 montre le potentiel méthanogène de chaque échantillon de biodéchets au cours du stockage réalisé en laboratoire.

Ces données montrent des valeurs proches de ce que l'on peut retrouver dans la littérature concernant les biodéchets, à savoir des valeurs aux alentours de 500 Nm³CH₄/t_{MV}.

Il peut cependant être observé des écarts lorsque l'on prend les valeurs en fonction de la matière brute des échantillons. Ainsi, les valeurs vont de 75 à 160 Nm³CH₄/t_{MB} en fonction des échantillons.

Si les valeurs du potentiel méthanogène évoluent légèrement au cours du temps, au vu de l'incertitude de mesure, il peut être conclu que le BMP est stable au cours du temps. Le stockage n'affecte pas significativement le BMP, et l'évolution de la matière est limitée (phase de pré-fermentation sans perte de pouvoir méthanogène).

Projection du potentiel de la collecte de biodéchets à l'échelle de la commune

Au regard de la caractérisation des OMr avant mise en place du tri et de la collecte sélective de biodéchets, le gisement de biodéchets issus des ménages peut être estimé à environ 650 T par an.

Considérant la performance (quantitative) de collecte atteinte sur l'expérimentation, le gisement captable serait d'environ 200 T par an.

Un effort de communication et formation serait donc à faire pour augmenter significativement le flux capté.

Concernant les gros producteurs, on doit considérer la part importante de gaspillage alimentaire dans les flux collectés lors de cette expérimentation. Ainsi, un effort de réduction de ce gaspillage diminuera d'autant les quantités à valoriser sur le site de méthanisation.

Caractérisation des émissions gazeuses et odeurs associées au stockage de biodéchets (Romain)

Emissions azotées

Les émissions d'ammoniac observées au stockage sont présentées sur la Figure 22.

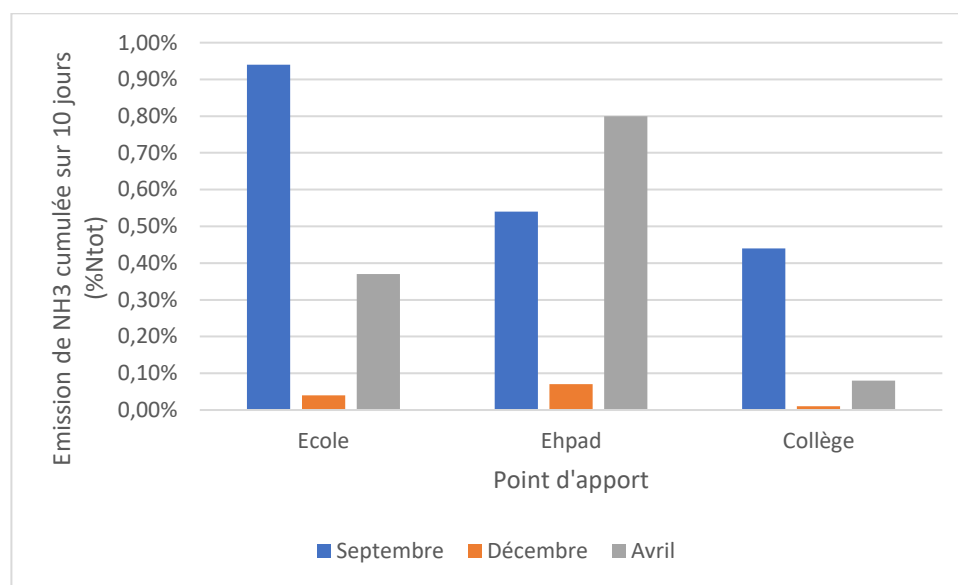


Figure 22: Emissions cumulées d'ammoniac sur 10 jours observées au stockage des biodéchets.

On observe que quelle que soit la saison, les émissions d'ammoniac sont inférieures à 1% de l'azote total contenu dans les biodéchets, ce qui représente un potentiel d'émission faible par rapport aux risques de pertes au stockage et à l'épandage des digestats. On observe une modulation saisonnière des émissions avec des émissions en limite de détection en hiver (décembre) et des émissions plus importantes en septembre et décembre. Les faibles niveaux d'émission observés sont notamment liés au pH acide des biodéchets stockés et au faible taux de minéralisation de l'azote des biodéchets.

Les émissions de protoxyde d'azote sont en limite de détection et peuvent donc être considérées comme négligeables lors du stockage des biodéchets.

Emissions carbonées

Les émissions de dioxyde de carbone observées au stockage des biodéchets sont présentées sur la Figure 23.

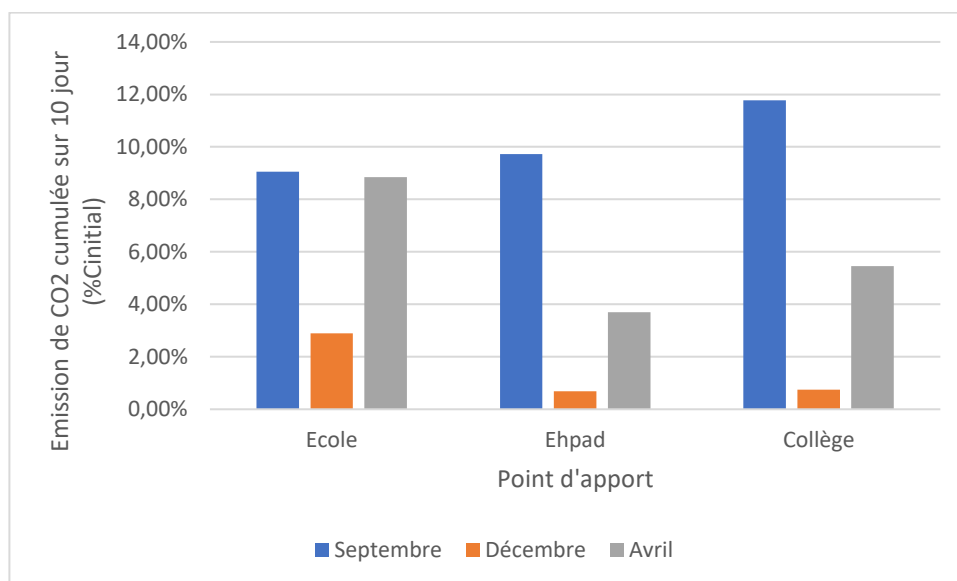


Figure 23 : Emissions cumulees de CO₂ sur 10 jours observees au stockage des biodéchets.

Les émissions de dioxyde de carbone sont soumises à une forte saisonnalité avec des émissions entre 3,7 et 11% du carbone total initialement contenu dans les biodéchets ($C_{initial}$) en septembre et avril ; et des émissions entre 0,6 et 2,7% du $C_{initial}$ en décembre. Ce différentiel s'explique par l'effet de la température qui impacte significativement les réactions de biodégradation spontanées des biodéchets lors du stockage. Cependant, comme on a pu le voir plus haut (Figure 21), ces émissions ne sont pas reliées à une baisse du potentiel méthanogène. Elles sont liées aux premières étapes de la digestion anaérobie (hydrolyse et acidogénèse) qui bénéficient de cinétiques rapides et démarrent donc rapidement lors du stockage. Ces dernières conduisent donc à des émissions de CO₂, sans que cela n'impacte le potentiel de production de méthane.

Les émissions de méthane observées au stockage sont présentées sur la Figure 24.

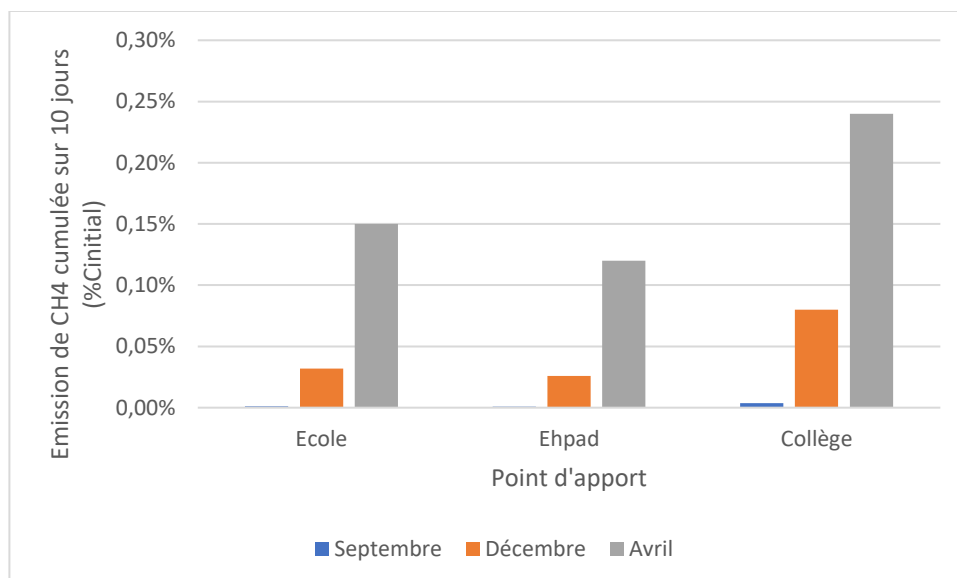


Figure 24: Emissions cumulees de méthane sur 10 jours observees au stockage des biodéchets.

Les niveaux d'émission de méthane sont fortement dépendants de la saison (proche de la

non détection en septembre, et jusqu'à 0,25% $C_{initial}$ en avril). Cependant ces dernières restent faibles au regard des émissions potentielles sur la filière de méthanisation (fuites, émissions au stockage des digestats, sorties d'épurateur, etc.).

Odeurs

Les figures 25 à 27 présentent les concentrations d'odeur mesurées lors des simulations de stockage en point d'apport volontaire pour les échantillons (sauf FFE) prélevés au cours des 3 campagnes de suivi exploitables. Les mesures ont été réalisées après 3 durée de stockage : 1,5 jour, 3,5 jours et 7,5 jours.

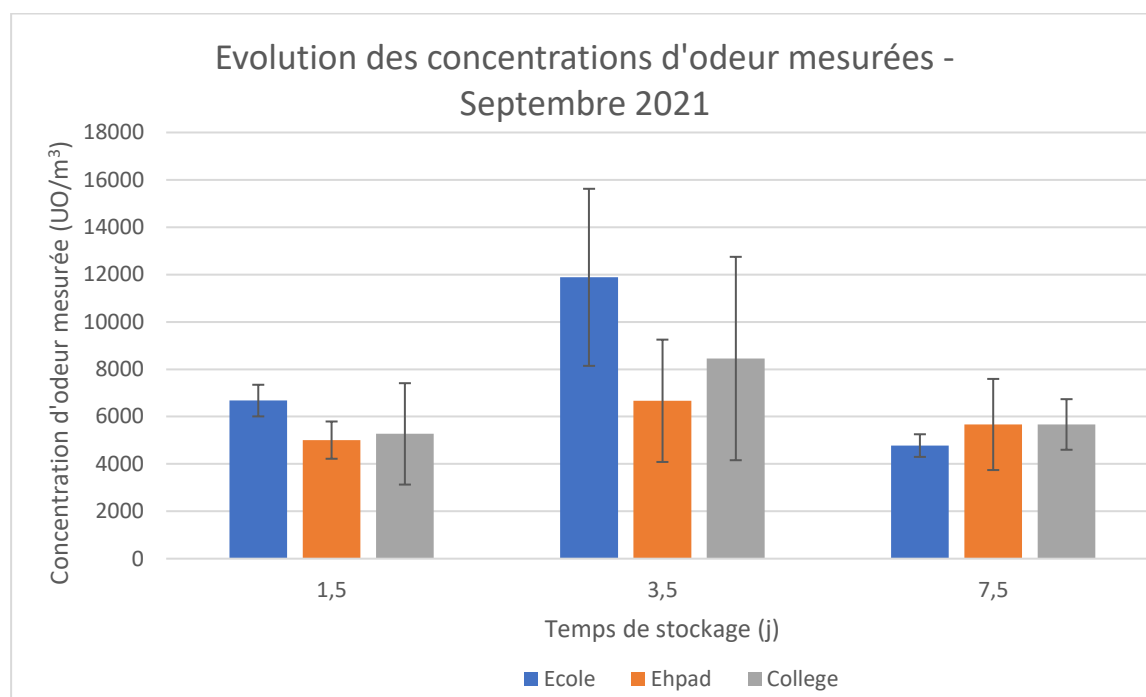


Figure 25 : Concentrations d'odeurs mesurées lors du stockage des biodéchets sur la campagne de septembre.

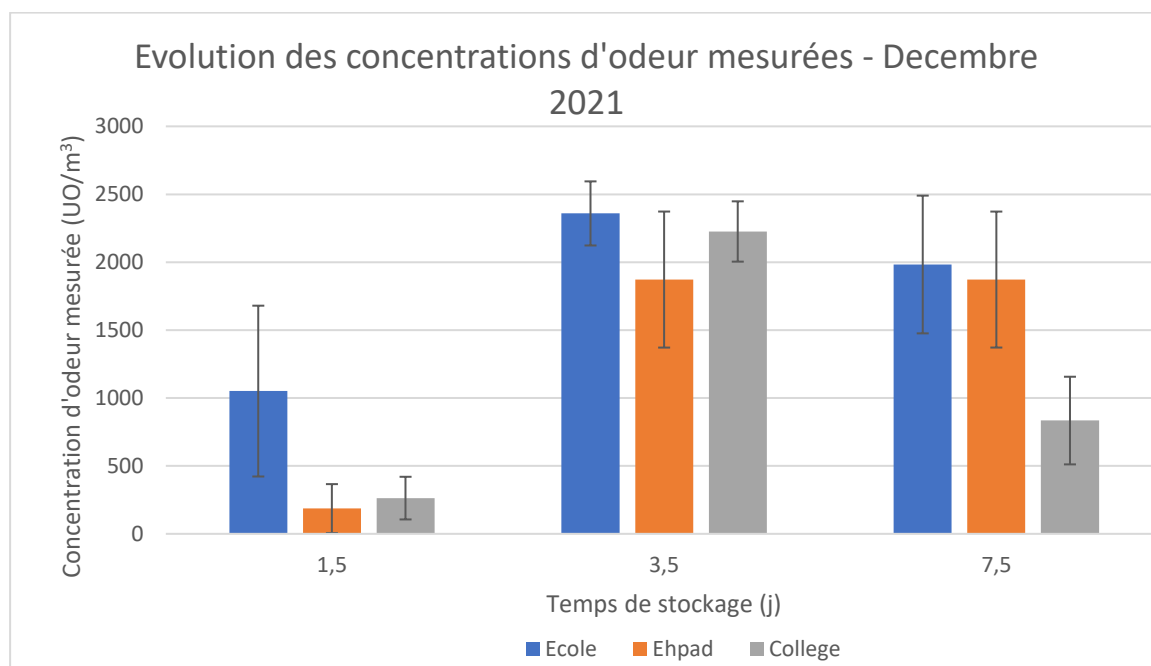


Figure 26: Concentrations d'odeurs mesurées lors du stockage des biodéchets sur la campagne de décembre.

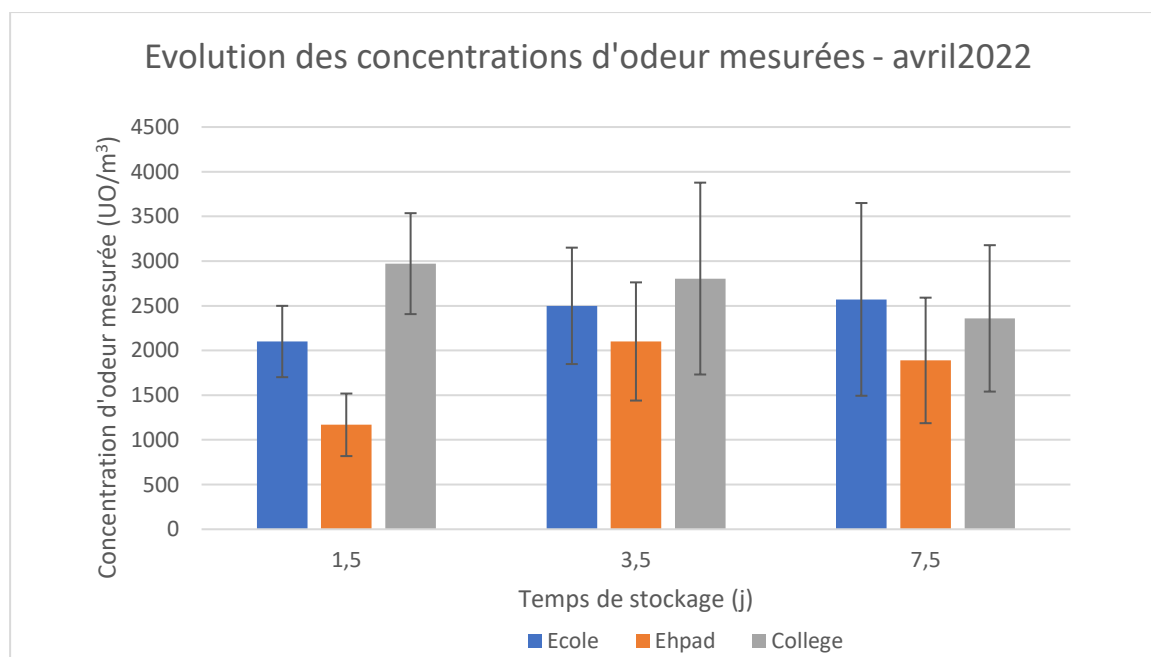


Figure 27: Concentrations d'odeurs mesurées lors du stockage des biodéchets sur la campagne d'avril.

En premier lieu, il convient de constater que pour une quantité de biodéchets équivalente, la concentration d'odeurs émise est très comparable pour tous les prélèvements. Il n'y a donc pas d'effets de l'origine des biodéchets. La question de l'impact de la quantité de biodéchets dans le point de collecte sur l'émission d'odeurs serait cependant à explorer.

Les niveaux de concentration d'odeur mesurés (1000 à 12000 UO/m³) peuvent induire une gêne au point de mesure de l'émission, c'est-à-dire pour l'apporteur au moment du dépôt

de biodéchets et pour le collecteur lors de l'échange de la caisse palette. Cependant, ces concentrations laissent aussi penser que l'impact va rapidement se dissiper avec la distance.

Les résultats montrent que les concentrations d'odeurs varient significativement d'une saison à l'autre. Le mois de septembre 2021 ayant été le plus chaud des 3 campagnes se caractérise ainsi par les plus fortes concentrations d'odeurs. Le mois de décembre 2021, assez doux, se distingue peu du mois d'avril en terme de concentration d'odeurs.

Les résultats concernant l'évolution de l'odeur au cours de la durée de stockage ne donnent pas de tendance nette. Ainsi si l'on peut percevoir des augmentations de concentration d'odeurs entre 1,5 et 3,5 jours pour certaines campagnes, l'évolution globale n'est pas significative.

La Figure 28 présente quant à elle le potentiel odorant mesuré sur les échantillons d'OMr prélevés à T₀, avant la mise en place de la collecte de biodéchets, et à T_f, après la mise en place de la collecte.

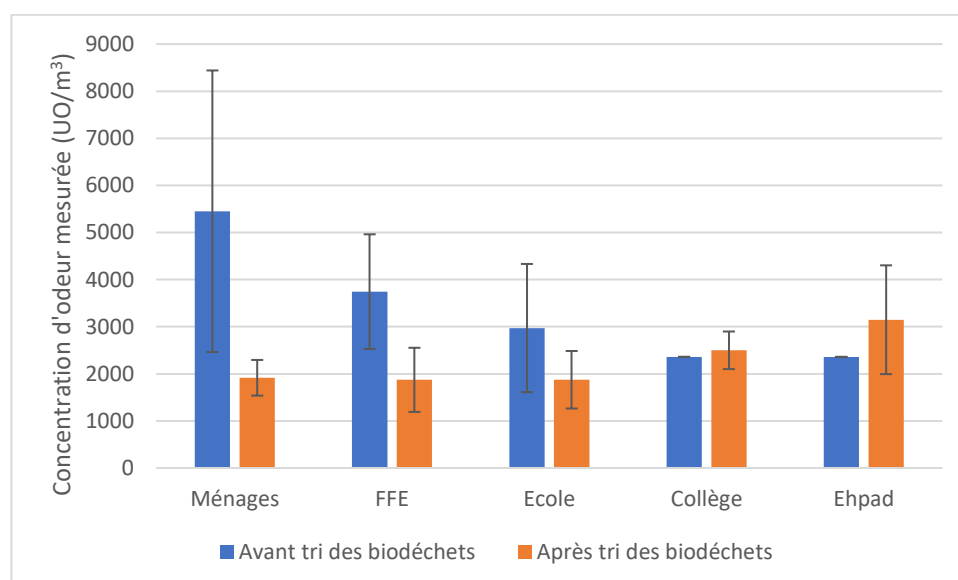


Figure 28: Mesures de potentiel odorant réalisées sur les OMr avant et après mise en place de la collecte des biodéchets (campagne initiale et final de caractérisation).

Les résultats montrent une baisse significative de la concentration d'odeurs (ou potentiel odorants) des OMr des foyers volontaires après mise en place de la collecte sélective de biodéchets. Cette baisse peut être mise en relation avec la diminution de 75% des biodéchets dans les OMr (cf. commentaires Figure 15). Cependant, il faut aussi souligner que la nature des autres déchets, présents dans les OMr, a variée entre les deux campagnes de mesure. Ainsi les litières pour chats ont totalement disparu dans le second prélèvement. Ce résultat serait donc à confirmer.

Pour les gros producteurs, la baisse du potentiel odorant des OMr après mise en place de la collecte de biodéchets n'est pas significative. Ceci peut être dû au fait qu'en dépit d'une diminution significative de la quantité de biodéchets versés dans les OMr, ces dernières conservent une part importante de fractions organiques, ainsi que d'emballages souillés dans les autres déchets. La comparaison d'émissions d'odeurs pour des masses d'OMR équivalentes avant et après mise en place de la collecte, n'aboutit ainsi pas à une

perception de réduction.

A retenir

- Emissions d'odeurs surtout sensibles pour les apporteurs
- Effet significatif de la saison sur le niveau d'émission d'odeur : Possibilité d'augmenter la fréquence de collecte en été pour maîtriser l'augmentation des émissions liées à la saison
- Effet de la durée de stockage en fonction de la saison
- Emissions d'odeurs potentiellement liées à la quantité de biodéchets stockés (plus qu'à la durée de stockage en tant que telle)
- Effet de la collecte sélective des biodéchets sur la limitation du potentiel odorant des OMr qui reste à vérifier

Caractérisation des risques sanitaires associés aux biodéchets et à leur stockage

Dénombrement d'*E. coli*

Les dénombrements d'*E. coli* ont été réalisés à la réception des échantillons puis au cours du stockage. Comme le montre la Figure 29, à T₀, *E. coli* a toujours été dénombré dans les échantillons provenant de l'école alors que pour l'Ehpad les résultats étaient en dessous du seuil de détection de l'analyse (10 UFC/g) pour deux des quatre campagnes de prélèvement. Enfin, pour le collège, *E. coli* n'a été dénombrée qu'à une campagne de prélèvement sur les quatre (Figure 29B).

Lorsqu'elle est présente dans le biodéchet, *E. coli* persiste au cours du stockage et sa population a tendance à s'accroître au cours du temps (Figure 29). Il est intéressant de noter que, pour les troisième et quatrième campagnes de prélèvement, des populations d'*E. coli* ont été dénombrées après 7 et 10 jours de stockage même dans les biodéchets pour lesquelles *E. coli* était au-dessous du seuil de détection dans le biodéchet initial

(Figure 29C et D). Enfin, des analyses complémentaires réalisées après 10 jours de stockage sur les liquides présents au fond des contenants de stockage montrent la présence d'*E. coli* également dans ces liquides (Figure 22D).

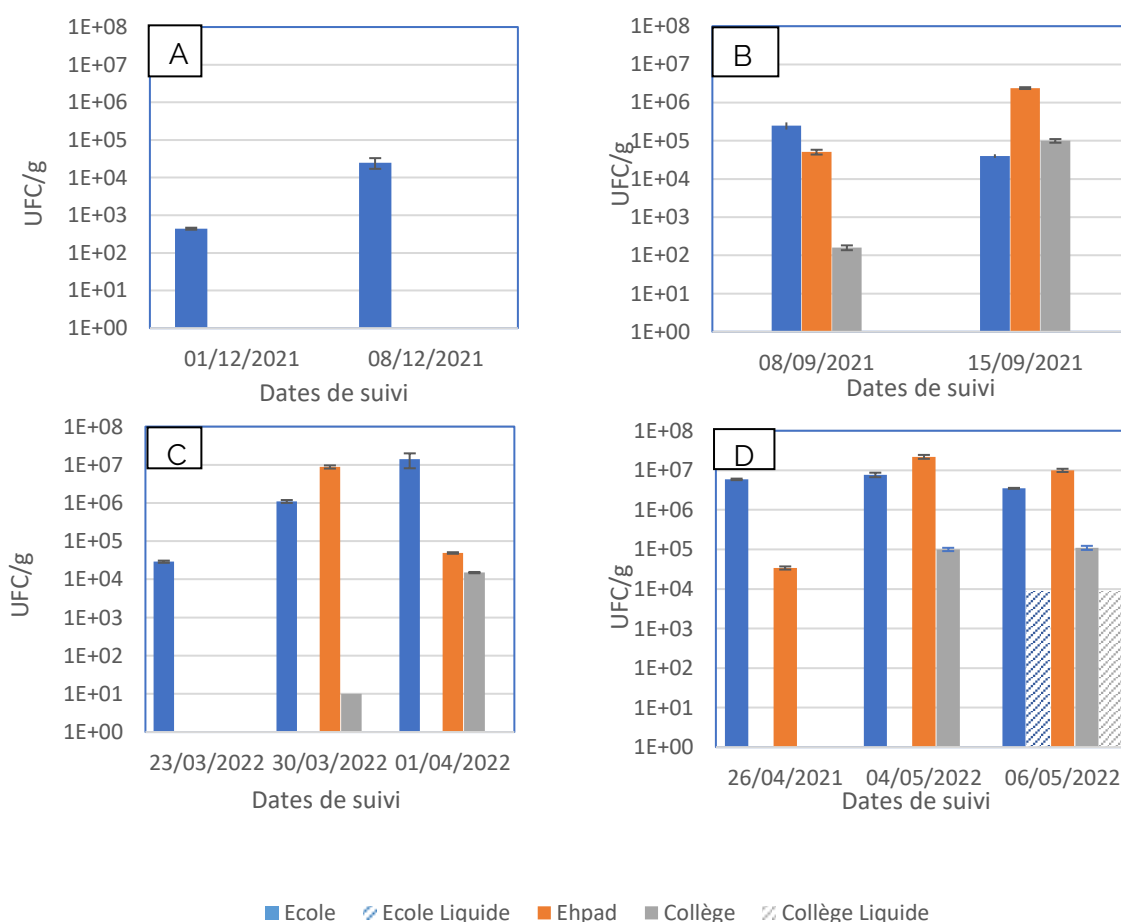


Figure 29. Impact du stockage sur les populations d'*E. coli* dans les biodéchets collectés lors des campagnes 1 (A), 2 (B), 3 (C) et 4 (D).

Recherche des bactéries pathogènes

Les résultats de la recherche des trois indicateurs sanitaires complexe Kp, *S. enterica* et *L. monocytogenes* sont consignés Figure 30. Le complexe Kp est détecté dans la plupart des échantillons au temps initial ainsi qu'au cours du stockage. *S. enterica* a été détectée dans un biodéchet sur les 9 prélevés. Cet échantillon collecté pendant la quatrième campagne provenait de l'école. *S. enterica* a persisté 7 jours après le début du stockage mais n'était plus détectée à T10 jours. Enfin, dans ce même biodéchet, prélevé à l'école pendant la quatrième campagne, *L. monocytogenes* a été détectée dans le biodéchet initial ainsi que tout au long des dix jours de stockage.

Complexe Kp	Ecole			Ehpad			College		
	T0	T7	T10	T0	T7	T10	T0	T7	T10
campagne 1	1	1	nd	1	1	nd	1	0	nd
campagne 2	0	0	nd	1	0	nd	1	0	nd
campagne 3	1	1	1	0	1	1	1	1	1
campagne 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1

<i>S. enterica</i>	Ecole			Ehpad			College		
	T0	T7	T10	T0	T7	T10	T0	T7	T10
campagne 1	0	0	nd	0	0	nd	0	0	nd
campagne 2	0	0	nd	0	0	nd	0	0	nd
campagne 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
campagne 4	1	1	0	0	0	0	0	0	0

<i>L. monocytogenes</i>	Ecole			Ehpad			College		
	T0	T7	T10	T0	T7	T10	T0	T7	T10
campagne 1	0	0	nd	0	0	nd	0	0	nd
campagne 2	0	0	nd	0	0	nd	0	0	nd
campagne 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
campagne 4	1	1	1	0	0	0	0	0	0

Figure 30. Carte de présence/absence dans 25g du complexe Kp, de *S. enterica* et de *L. monocytogenes* au cours du stockage des biodéchets collectés lors des 4 campagnes de prélèvements. 1 : présence dans 25 g ; 0 : absence dans 25 g. nd : non déterminé.

A retenir

- Présence d'*E. coli* fréquente dans les biodéchets
- Présence possible de bactéries pathogènes dans les biodéchets
- Conditions favorables à leur croissance/persistance pendant le stockage
- Variabilité des résultats en fonction du point de collecte et de la période

Conclusions - Recommandations

L'expérimentation de suivi de la mise en place du tri des biodéchets et de leur collecte sélective en point d'apport volontaire sur la commune de Lamotte-Beuvron visait à évaluer les performances de cette collecte (quantité et qualité) ainsi que les impacts environnementaux et sanitaires potentiels associés à cette collecte.

Les campagnes de prélèvement et caractérisations réalisées avant la mise en place de la collecte puis pendant une année après sa mise en place démontrent que la performance de la collecte auprès des gros producteurs de type restauration collective est bonne tant en terme de flux de biodéchets capté qu'en terme de qualité. Ainsi la présence d'indésirables est d'autant plus faible que la responsabilité du tri repose sur du personnel impliqué, formé et pérenne. Concernant les biodéchets des ménages, le taux de captage du flux potentiel de biodéchets est largement améliorable. Cependant il dépend majoritairement du niveau d'adhésion de la population à la démarche et implique donc des actions de communication et de formation renforcées.

Lorsque l'on se place dans une perspective de valorisation de ces biodéchets, il apparaît que son stockage intermédiaire dans le point de collecte avant sa livraison sur le site de méthanisation n'impacte pas son potentiel méthanogène. Des collectes tous les 7 jours des caisses palettes ne semblent pas problématiques pour la valorisation énergétique par digestion anaérobie.

Ce stockage intermédiaire sur les points de collecte pourrait présenter des désagréments et impacts environnementaux. Néanmoins, l'expérimentation n'a pas conduit à mesurer des émissions de gaz à effet de serre significatives pendant le stockage. La génération d'odeurs semble quant à elle rester dans un périmètre très proche de la GaïaBox, limitant ainsi la gêne potentielle à l'apporteur de biodéchets. Un effet de la saison a été mesuré qui pourrait impliquer une modulation des fréquences de collecte des points d'apport volontaire en fonction de la température extérieure.

D'un point de vue sanitaire, le biodéchet est une matrice qui permet la croissance bactérienne. Des populations importantes d'*E. coli* ont ainsi été dénombrées pendant le stockage. Par ailleurs, le biodéchet peut être un réservoir de bactéries potentiellement pathogènes comme le montre la présence de pathogènes alimentaires *S. enterica* et *L. monocytogenes* et la détection fréquente de bactéries appartenant au complexe Kp. Il convient donc de considérer les biodéchets comme des sources potentielles de microorganismes indésirables et de tenir compte de ces enjeux sanitaires, dans les modalités de leur gestion, en vue de les maîtriser.

L'expérimentation rapportée dans ce rapport montrent des résultats encourageants quant au potentiel de ce mode de collecte. Cependant, la généralisation du dispositif demandera de porter attention aux points suivants :

- La communication préalable sera garante de l'engagement des acteurs et de l'adoption des bonnes pratiques de tri.
- La qualité des biodéchets triés ne devra pas pâtir de la généralisation de la collecte
- Les points d'apport devront être judicieusement disposés pour ne pas engendrer des consommations énergétiques liés à l'apport des biodéchets venant contrebalancer négativement leur valorisation énergétique
- La mise en place de la collecte sélective en vue d'une valorisation énergétique ne doit pas limiter les efforts de minimisation du gaspillage alimentaire qui constitue la majeure partie du flux de biodéchets des gros producteurs



Centre Bretagne-Normandie

UR OPAALE

17 avenue de Cucillé

CS 64427

35044 Rennes Cedex

Rejoignez-nous sur :



<https://www6.rennes.inrae.fr/opaale>