

SUIVI DES PERFORMANCES TECHNIQUES ET MATIERES DE DECONDITIONNEURS DE BIODECHETS



EXPERTISES

Suivi des performances
de 7 équipements
de déconditionnement
des biodéchets

Avril 2025

REMERCIEMENTS

Nous remercions chaleureusement les membres du comité de pilotage qui ont par leur disponibilité et leurs contributions, apporté de la richesse à cette étude.

Nous remercions également chaleureusement les exploitants et les salariés qui ont accepté de participer à cette étude et nous ont accueillis sur leur site.

CITATION DE CE RAPPORT

LOTH Angélique (QSE Consult SARL), MEMBREZ Yves et MONTPART Nuria (EREP SA). 2023. Suivi des performances techniques et matières de déconditionneurs de biodéchets – Rapport final. 76 pages.

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

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

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 2022MA000194

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : QSE Consult SARL et EREP SA

Coordination technique - ADEME : ROLLAND Thierry

Direction/Service : Direction Economie Circulaire et Déchets/Service Mobilisation et Valorisation des Déchets

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUCTION	7
1.1. Contexte général et contexte réglementaire.....	7
1.2. Objectifs de l'étude	7
1.3. Plan du rapport	7
2. PERIMETRE DE L'ETUDE	8
2.1. Définitions	8
2.2. Réglementation applicable au déconditionnement et aux biodéchets	8
2.2.1. Réglementation liée au mélange de biodéchets.....	8
2.2.2. Réglementation ICPE	8
2.2.3. Réglementation sanitaire	10
2.3. Organisation de l'étude.....	11
2.3.1. Comité de pilotage	11
2.3.2. Confidentialité	11
2.4. Méthodologie employée	11
2.4.1. Entretiens avec les exploitants	11
2.4.2. Prélèvements d'échantillons sur une durée de cinq jours sur les installations volontaires.....	12
2.4.3. Choix de l'approche d'échantillonnage.....	13
2.4.4. Réalisation des analyses physico-chimiques et interprétation des résultats.....	14
2.4.5. Indicateurs de performance utilisés	15
3. INSTALLATIONS DE DECONDITIONNEMENT	18
3.1. Présentation des 7 unités.....	18
3.1.1. Fonctionnement d'une installation de déconditionnement type.....	18
3.1.2. Unités de déconditionnement volontaires	20
3.1.3. Site n°1	23
3.1.4. Site n°2	27
3.1.5. Site n°3	32
3.1.6. Site n°4	36
3.1.7. Site n°5	41
3.1.8. Site n°6	45
3.1.9. Site n°7	49
3.2. Bilan d'exploitation des sites	54
4. RESULTATS ANALYTIQUES.....	56
4.1. Performances des installations.....	56
4.1.1. Taux de captation de la matière organique.....	56
4.1.2. Taux d'épuration des indésirables	57
4.2. Qualité de la pulpe organique.....	62

4.3. Qualité des refus	65
5. ENSEIGNEMENTS DES ESSAIS REALISES	68
5.1. Bilan sur les performances des installations	68
5.2. Coût d'investissement et d'exploitation.....	69
6. CONCLUSION	70
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	72
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES.....	72
SIGLES ET ACRONYMES	74

RÉSUMÉ

A compter du 1^{er} janvier 2016, les gros producteurs de biodéchets ont une obligation de tri des déchets organiques pour assurer une valorisation. A compter du 1^{er} janvier 2024, conformément au droit européen et à la loi anti-gaspillage de 2020, le tri des biodéchets est généralisé et concerne tous les professionnels et les particuliers.

Dans certains secteurs d'activité tels que celui de la grande distribution, une grande part des biodéchets est emballée. Il est donc nécessaire qu'ils subissent une étape de déconditionnement avant leur valorisation, notamment par méthanisation ou compostage.

En France, les sites de déconditionnement de biodéchets sont encore peu nombreux.

Deux études sur le déconditionnement de biodéchets ont déjà été conduites par l'ADEME en 2016 et en 2021. La première avait pour objectif d'inventorier, classer, décrire et comparer les performances des différentes technologies de déconditionnement. La seconde avait pour but d'inventorier les fabricants et les technologies existantes d'équipements de déconditionnement de biodéchets emballés, de mettre en place une méthodologie d'évaluation des performances de ces équipements et d'élaborer un outil d'aide à la décision pour le choix d'un équipement de déconditionnement.

La présente étude fait suite et complète ces deux études.

Ainsi, un suivi sur les 7 sites volontaires a été effectué sur une durée maximale de 6 mois. Il a consisté à suivre le fonctionnement des lignes de déconditionnement, à qualifier les flux entrants et sortants des équipements, à évaluer les consommations, les coûts et les performances des sites au regard de leur spécificités et d'étudier les conditions de travail liées à leur utilisation.

Le suivi intègre une série d'analyses, pour chaque site volontaire, sur une durée de cinq jours consécutifs, portant sur la pulpe organique et les refus produits par les installations de déconditionnement.

Afin de suivre les performances des 7 sites volontaires, la méthodologie d'évaluation des performances d'un équipement de déconditionnement élaborée dans le cadre de l'étude 2021 a été utilisée comme base et consolidée.

Avertissement

La confidentialité exigée par les exploitants de sites, en raison d'une concurrence forte sur cette activité nouvelle, nous a conduit à restituer de manière anonyme les résultats et les enseignements obtenus.

ABSTRACT

Starting from January 1, 2016, large producers of biowaste are required to sort organic waste to ensure its valorization. From January 1, 2024, in accordance with European law and the 2020 anti-waste law, biowaste sorting is generalized and applies to all professionals and individuals.

In certain sectors such as large-scale distribution, a significant portion of biowaste is packaged. Therefore, it is necessary for them to undergo a deconditioning step before their valorization, notably through methanization or composting.

In France, biowaste unpackaging sites are still few in number.

Two studies on the unpackaging of packaged organic waste have already been conducted by ADEME in 2016 and 2021. The first aimed to inventory, classify, describe, and compare the performance of different unpackaging technologies. The second aimed to better understand the solutions for unpackaging packaged biowaste, their operation, and their performance in production and quality, in order to provide implementation recommendations.

This study follows and complements these two studies.

Thus, enhanced monitoring of the 7 voluntary sites was carried out over a period of 6 months. It consisted of monitoring the operation of the unpackaging lines, qualifying the incoming and outgoing flows of the equipment, characterizing the advantages and limitations of the monitored equipment, evaluating the costs and performances of the sites with regard to their specificities and study the working conditions linked to their use.

The monitoring includes a series of analyses, for each voluntary site, over a period of five consecutive days, focusing on the organic pulp and the rejects produced by the deconditioning installations.

To monitor the performance of the 7 voluntary sites, the performance evaluation methodology of deconditioning equipment developed in the 2021 study was used as a basis and consolidated.

Warning

The confidentiality required by site operators, due to strong competition in this new activity, has led us to present the results and findings obtained anonymously

1. Introduction

1.1. Contexte général et contexte réglementaire

A compter du 1^{er} janvier 2016, les gros producteurs de biodéchets ont une obligation de tri des déchets organiques pour assurer une valorisation. En 2024, la loi pour la transition énergétique pour la croissance verte élargit cette obligation à tous les producteurs y compris les ménages.

Dans certains secteurs d'activité tels que celui de la grande distribution, une grande part des biodéchets est emballée. Il est donc nécessaire que ces biodéchets subissent une étape de déconditionnement avant leur valorisation, notamment par méthanisation ou compostage.

En France, les sites de déconditionnement de biodéchets sont encore peu nombreux.

Deux études sur le déconditionnement de biodéchets ont déjà été conduites par l'ADEME en 2016 et en 2021. La première avait pour objectif d'inventorier, classer, décrire et comparer les performances des différentes technologies de déconditionnement et de présenter les installations de déconditionnement. La seconde avait pour but d'inventorier les fabricants et les technologies existantes d'équipements de déconditionnement de biodéchets emballés, de mettre en place une méthodologie d'évaluation des performances de ces équipements et d'élaborer un outil d'aide à la décision pour le choix d'un équipement de déconditionnement.

La présente étude fait suite et complète ces deux études en intégrant une semaine d'échantillonnage sur 7 sites pour la réalisation d'analyses sur la pulpe et les refus ainsi qu'un suivi des paramètres techniques sur une durée maximale de 6 mois.

Les résultats analytiques de la pulpe organique ont été analysés au regard de l'arrêté du 02/03/2023 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations de déconditionnement de biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source en vue de leur valorisation au titre de la rubrique n° 2783 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement et du projet de réglementation dit « socle commun des matières fertilisantes et support de culture ».

1.2. Objectifs de l'étude

La présente étude consiste à :

- Suivre le fonctionnement de 7 unités de déconditionnement volontaires sur une durée maximale de 6 mois,
- Qualifier les matières entrantes et sortantes dans ces équipements,
- Caractériser les avantages et les limites des équipements suivis,
- Évaluer la qualité des pulpes organiques obtenues pour garantir un retour au sol répondant aux exigences de la réglementation en vigueur,
- Et étudier les conditions de travail liées à leur utilisation et les temps passés.

L'objectif de cette étude est donc d'établir un **outil d'aide à la décision pour de futurs porteurs de projet quant au choix de matériels de déconditionnement de biodéchets emballés** à acquérir en fonction de la nature des biodéchets emballés entrants et de la qualité finale de la pulpe organique à obtenir.

1.3. Plan du rapport

Ce rapport est composé de cinq parties :

- La première partie introduit le contexte et l'objet de l'étude ;
- La deuxième partie présente le périmètre de l'étude, la réglementation applicable au déconditionnement de biodéchets emballés, l'organisation de la mission ainsi que les règles de confidentialité appliquées pour la collecte et l'affichage des données ;
- La troisième partie décrit la méthodologie employée et les lignes de déconditionnement des 7 sites volontaires ainsi qu'un bilan des exploitations ;
- La quatrième présente les résultats des essais réalisés ;
- La dernière partie présente les enseignements retenus.

2. Périmètre de l'étude

La première partie du rapport est consacrée à définir le cadre de l'étude, notamment ce que l'on entend par l'activité de déconditionnement ainsi que le cadre réglementaire. Pour finir, cette partie présente l'organisation adoptée pour atteindre les objectifs de l'étude.

2.1. Définitions

Biodéchets : 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, qui seront déconditionnés. Il s'agit des biodéchets au sens de l'article L. 541-1-1 du code de l'environnement, à l'exception des déchets verts.

Déconditionnement : l'ensemble du procédé destiné à un flux de biodéchets pour séparer le contenu organique des contenants en l'épurant autant que possible de toutes matières non fermentescibles, en vue de sa valorisation par compostage ou méthanisation.¹

Pulpe organique : la fraction de la matière organique obtenue après déconditionnement qui répond aux exigences requises pour la valorisation organique des biodéchets.¹

Refus (de déconditionnement) : la fraction soustraite au flux de matière organique déconditionnée et qui ne correspond pas aux exigences requises pour la valorisation des biodéchets.¹

2.2. Réglementation applicable au déconditionnement et aux biodéchets

2.2.1. Réglementation liée au mélange de biodéchets

Depuis le 1^{er} janvier 2016, tous les professionnels produisant ou détenant plus de dix tonnes par an de biodéchets ont l'obligation de trier ces biodéchets et de les faire valoriser dans des filières adaptées, conformément à [l'article L. 541-21-1 du code de l'environnement](#).

A compter du 1^{er} janvier 2024, conformément au droit européen et à la loi anti-gaspillage de 2020, le tri des biodéchets est généralisé et concerne tous les professionnels et les particuliers.

D'autre part, les biodéchets entrant dans un traitement aérobique (ex : compostage) ou anaérobique (ex : méthanisation) ne peuvent être considérés comme recyclés uniquement que lorsque ce traitement génère du compost, du digestat ou autre, qui est ensuite utilisé comme produit, matière ou substance recyclé. A compter du 1^{er} janvier 2027, les biodéchets entrant dans un traitement aérobique ou anaérobique ne seront considérés comme recyclés que s'ils ont été triés à la source.

Les biodéchets qui ont fait l'objet d'un tri à la source ne peuvent pas être mélangés avec d'autres déchets. Cependant :

- Les déchets conformes aux normes européennes pertinentes ou aux normes nationales équivalentes applicables aux emballages valorisables par compostage et biodégradation définies par décret, peuvent être collectés conjointement avec les biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source ;
- Jusqu'au 31 décembre 2023, les biodéchets contenus dans des emballages non compostables ou non biodégradables pouvaient être collectés conjointement avec les biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source, sous réserve qu'ils fassent ensuite l'objet d'un déconditionnement qui permette une valorisation de qualité élevée.

2.2.2. Réglementation ICPE

Le déconditionnement de biodéchets est concerné par la [rubrique 2783](#) de la nomenclature des ICPE intitulée « Installation de déconditionnement de biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source en vue de leur valorisation organique ».

¹ Définition provenant des arrêtés de prescriptions générales applicables aux installations de déconditionnement de biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source en vue de leur valorisation organique relevant de la rubrique n° 2783

La rubrique 2783 impose de nombreuses exigences pour garantir que les installations de déconditionnement de biodéchets fonctionnent de manière sûre et respectueuse de l'environnement. Il est crucial de souligner que cette réglementation interdit de mélanger les lots de déchets conditionnés avec ceux non conditionnés. En effet, les biodéchets non emballés peuvent être intégrés dans le processus de déconditionnement. Cependant, ils doivent être traités séparément, sans être mélangés avec les flux de biodéchets emballés.

Seuil de classement	Régime
La quantité de biodéchets déconditionnés étant :	
1. Supérieure ou égale à 30 t/j	E. ²
2. Inférieure à 30 t/j	DC. ³

Tableau 1 : Rubrique 2783 « Installation de déconditionnement de biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source en vue de leur valorisation organique »

Régime de la déclaration : [Arrêté du 02/03/23](#) relatif aux prescriptions générales applicables aux installations de déconditionnement de biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source en vue de leur valorisation organique relevant du régime de la déclaration au titre de la rubrique n° 2783 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

Régime de l'enregistrement : [Arrêté du 02/03/23](#) relatif aux prescriptions générales applicables aux installations de déconditionnement de biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source en vue de leur valorisation organique relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2783 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

Dans le cas du régime de la déclaration, avant la mise en service du site, l'exploitant devra effectuer une déclaration en ligne ou par courrier, qui sera transmise en préfecture. Une preuve de dépôt est alors délivrée. L'inspection des ICPE peut réaliser des contrôles, notamment suite à des nuisances, des incidents et des plaintes.

Dans le cas où l'installation relève du régime de l'enregistrement, l'exploitant doit faire une demande d'enregistrement avant toute mise en service, justifiant le respect des mesures techniques de prévention des risques et des nuisances définies dans l'arrêté ministériel de prescriptions générales. Après une consultation du public, le préfet peut autoriser ou refuser le fonctionnement.

Les installations doivent respecter les prescriptions générales définies par les arrêtés ministériels du 2 mars 2023, notamment sur :

- La rétention des aires et locaux d'exploitation : Le sol doit être étanche et capable de recueillir les eaux de lavage et les matières accidentellement répandues. Les jus des biodéchets et autres fractions liquides doivent être recueillis et leur rejet dans le milieu naturel est interdit.
- Les dispositifs de rétention : Le stockage des matières doit se faire sur un sol étanche. Pour les matières liquides, une capacité de rétention est nécessaire, équivalente à 100 % de la capacité du plus grand réservoir ou 50 % de la capacité globale des réservoirs associés.
- La propreté : Les locaux, voies de circulation et aires de stationnement doivent être maintenus propres et régulièrement nettoyés pour éviter les amas de produits dangereux, déchets et poussières.
- L'admission : Les déchets en verre doivent être traités par lots. Les biodéchets non emballés peuvent être introduits dans le procédé de déconditionnement, mais doivent être traités par lots. Le mélange de déchets pour diluer les polluants est interdit. Une inspection visuelle est effectuée sur chaque chargement de déchets.
- La traçabilité des déchets : Les matières et déchets reçus sont pesés et un registre de traçabilité est tenu, incluant l'identité des transporteurs et le résultat de l'inspection visuelle. Les livraisons refusées sont également consignées.
- Les conditions d'entreposage et temps de séjour des déchets : Les conditions d'entreposage doivent prévenir les risques de pollution et les nuisances pour les populations avoisinantes. La durée maximale d'entreposage est de 48 heures, avec une tolérance de 72 heures le week-end ou les jours fériés.

² Installation classée soumise à l'enregistrement

³ Installation classée soumise à déclaration avec contrôle

- Les moyens de lutte contre l'incendie : L'installation doit être équipée de moyens de lutte contre l'incendie adaptés aux risques, incluant des systèmes d'alerte, des plans des bâtiments, des systèmes de détection automatique, des points d'eau incendie et des extincteurs.
- Les consignes d'exploitation : Des procédures doivent être rédigées et portées à la connaissance du personnel, incluant l'interdiction d'apporter du feu, les procédures d'arrêt d'urgence, les mesures en cas de fuite, les précautions pour les produits incompatibles, les moyens d'extinction, la procédure d'alerte et l'obligation d'informer en cas d'accident.
- Le rejet des effluents : Les fiches de suivi du nettoyage et les bordereaux de traitement des déchets doivent être disponibles pour inspection. Les installations doivent limiter les débits d'eau et les flux de polluants.
- La qualité de traitement et valorisation : Des analyses des pulpes organiques doivent être réalisées par un laboratoire agréé pour contrôler les teneurs maximales en inertes et impuretés, au minimum trimestriellement.
- Les risques d'envols de poussières ou matières : Les voies de circulation et aires de stationnement doivent être aménagées et nettoyées pour éviter les dépôts de poussière ou de boue. Des mesures telles que le lavage des roues des véhicules et des écrans de végétation, peuvent être mises en place.
- Les odeurs : Les installations doivent être conçues et exploitées pour minimiser les émissions d'odeurs, avec des mesures spécifiques pour contenir les émanations à l'intérieur des bâtiments.

2.2.3. Réglementation sanitaire

Au sens du [règlement \(CE\) n° 1069/2009](#), les biodéchets provenant des GMS sont des sous-produits animaux de catégorie 3-10-f, c'est-à-dire « les produits d'origine animale ou les aliments contenant de tels produits, qui ne sont plus destinés à la consommation humaine pour des raisons commerciales ou en raison de défauts de fabrication ou d'emballage ou d'autres défauts n'entraînant aucun risque pour la santé humaine ou animale ». D'autre part, le déconditionnement est une activité de tri.

De ce fait, conformément au [règlement \(CE\) n° 1069/2009](#), une installation de déconditionnement de biodéchets doit être agréée par la DD(CS)PP au titre de l'article 24 point 1) alinéa h) intitulé « Manipulation de sous-produits animaux après la collecte, sous la forme d'opérations telles que le tri, la découpe, la réfrigération, la congélation, le salage ou l'enlèvement des peaux et des cuirs ou de matériels à risque spécifiés ».

L'exploitant doit disposer d'un agrément sanitaire délivré par la DD(CS)PP. Pour cela, une demande d'agrément accompagnée d'un dossier doit être déposée. Un modèle de la demande ainsi que les pièces devant composer le dossier sont présentés en Annexes I et II de l'[arrêté du 8 décembre 2011](#). L'agrément est accordé aux établissements dont le dossier est complet, jugé recevable et pour lesquels la conformité aux conditions sanitaires des installations, équipements et du fonctionnement fixée par la réglementation a été constatée sur site.

Les exigences relatives à cette activité sont définies au chapitre II de l'annexe IX du [règlement \(UE\) n° 142/2011](#) et aux articles 21, 24, 28 et 29 du [règlement \(CE\) n° 1069/2009](#).

Les principales exigences sont :

- Des autocontrôles doivent être mis en place, appliqués et maintenus afin de surveiller le respect du [règlement \(CE\) n° 1069/2009](#).
- Une ou plusieurs procédures écrites basées sur la méthode HACCP doivent être mises en place, appliquées et maintenues. Ces procédures sont tenues à jour et revues en cas de modification d'un produit, d'un équipement, etc.
- L'aménagement du site doit garantir la séparation totale entre les différentes catégories de sous-produits animaux, de la réception à l'expédition des matières.
- Une aire couverte pour la réception et l'expédition des SPAn doit être présente sauf si ceux-ci sont déchargés au moyen d'équipements empêchant la propagation de risques pour la santé publique et animale (ex : tubes fermés, etc.)
- L'établissement doit être facilement nettoyable et désinfectable. Les sols doivent permettre de faciliter l'écoulement des liquides.
- Des installations appropriées doivent être mises à disposition du personnel (toilettes, vestiaires, lavabos).
- Un plan de lutte contre les nuisibles (insectes, rongeurs, oiseaux) doit être mis en place.
- Si nécessaire, les usines doivent disposer d'entreposage à température contrôlée avec surveillance et enregistrement de ces températures.

- Des installations adéquates doivent être présentes pour nettoyer et désinfecter les conteneurs, récipients et véhicules (y compris les roues) ayant été en contact avec les SPAn.

2.3. Organisation de l'étude

2.3.1. Comité de pilotage

L'étude a été menée sous la conduite d'un comité de pilotage constitué par l'ADEME. Il est composé de l'ADEME, de l'Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France (AAMF) et de l'ensemble des exploitants volontaires.

Le rôle du comité de pilotage a notamment été de valider le choix des équipements de déconditionnement étudiés, ainsi que de contribuer à construire le protocole des essais réalisés pendant la semaine de prélèvement, le protocole de suivi sur les 6 mois ainsi que les modalités de présentations des résultats et règles de confidentialité.

2.3.2. Confidentialité

Compte tenu du caractère fortement concurrentiel du secteur étudié, une attention particulière a été portée au cadrage de la confidentialité des données.

Les règles de confidentialité des échanges avec les référents des sites ont été précisées lors de l'intervention sur site.

Enfin, les contraintes de confidentialité définies pour la restitution des travaux dans le rapport public imposent que la lecture des résultats ne permet pas d'identifier les sites volontaires. Ainsi, aucun lien entre les résultats analytiques et les sites volontaires ne pourront être réalisés par le lecteur.

2.3.2.1. Données issues des entretiens

Les données considérées comme non confidentielles sont les informations relatives à :

- La nature de biodéchets traités ;
- Le synoptique de l'installation ;
- Les qualités des entrants et sortants ;
- La consommation d'énergie et d'eau ;
- Les temps de fonctionnement des équipements ;
- La marque et/ou modèle de l'unité de déconditionnement principale.

2.3.2.2. Données issues des essais réalisés

L'ensemble des données issues des visites et des essais menés est considéré comme confidentiel. Ainsi, aucune référence au nom du site n'est indiquée.

2.4. Méthodologie employée

2.4.1. Entretiens avec les exploitants

2.4.1.1. Interventions sur site

Sept installations ont été sélectionnées par l'ADEME. Les sites ont fait l'objet d'une première visite pour :

- Expliquer à l'exploitant volontaire, la méthodologie de l'étude et notamment présenter le fonctionnement du formulaire de suivi qu'il devait compléter quotidiennement pendant 6 mois,
- Accompagner l'exploitant à la mise en place et à l'utilisation de l'outil Google Sheets (ou adapter la méthodologie sur un fichier de collecte de données en accord avec l'exploitant),
- Prendre connaissance du site et maintenir une relation de confiance avec l'exploitant,
- Identifier les équipements de mesure présents sur le site et sensibiliser l'exploitant à la traçabilité des flux si ce n'est pas déjà le cas,
- Identifier le nombre de flacons et contenants nécessaires à l'échantillonnage,
- Echanger avec l'exploitant afin de récolter un maximum d'informations sur le fonctionnement du site, les coûts, la maintenance,

- Réaliser un schéma de principe de fonctionnement du site dans son ensemble et de la chaîne de traitement en particulier,
- Réaliser des photographies des équipements et de leur fonctionnement,
- Observer les conditions de travail nécessaires à l'exploitation de l'équipement de déconditionnement.

Une seconde visite a permis d'accompagner les exploitants dans la réalisation des premiers échantillons pour envoi au laboratoire d'analyses.

A cette occasion, des essais ont été menés aboutissant à des prélèvements de pulpe organique et de refus afin de les faire analyser par un laboratoire spécialisé.

2.4.1.2. Points mensuels avec les exploitants

Afin de recueillir les informations nécessaires à l'étude, des entretiens (téléphoniques et courriels) ont été réalisés mensuellement auprès des exploitants volontaires. Ces entretiens ont été enrichis par les échanges au sein du comité de pilotage.

2.4.1.3. Collecte des données

Les données liées à l'exploitation de la ligne de déconditionnement ont été collectées mensuellement auprès des exploitants pour le suivi sur une période de 6 mois. Cependant, sur certains sites, cette période a été écourtée par manque d'effectif pour le suivi et/ou aléas technique.

L'objectif du suivi est de collecter les données quotidiennes du fonctionnement de la ligne de déconditionnement :

- Quantité, nature et origine des biodéchets réceptionnés et traités,
- Quantité de pulpe organique et de refus produite,
- Consommation d'eau et d'énergie utilisée,
- Temps de fonctionnement et pannes éventuelles relevées,
- Temps de travail effectué.

Pour collecter l'ensemble des données, un formulaire de suivi sur un fichier Excel a été créé. Il est organisé en 2 onglets :

- Un onglet « Présentation », destiné à l'exploitant, qui comprend un rappel des consignes, les renseignements généraux sur l'installation, le tableau de relevés des compteurs d'eau et d'électricité, le lien vers le formulaire de suivi (si l'exploitant a choisi de réaliser le suivi en ligne sur un tableur collaboratif) et les coordonnées du membre du groupement chargé du suivi du site.
- Un onglet « Synthèse des données », destiné au groupement, qui permet de visualiser des indicateurs de suivi calculés automatiquement à partir des réponses au du formulaire de suivi complétées par l'exploitant.

Une version papier du formulaire a également été proposée aux exploitants pour ceux qui ne sont pas à l'aise avec l'outil informatique.

2.4.2. Prélèvements d'échantillons sur une durée de cinq jours sur les installations volontaires

Afin de mesurer les performances des 7 sites, la méthodologie d'évaluation des performances d'un équipement de déconditionnement élaborée dans le cadre de l'étude 2021 a été utilisée comme base et consolidée.

Au début de l'étude, une réflexion sur la méthodologie employée de l'étude de 2021 a été réalisée pour, initialement, intégrer l'échantillonnage des intrants pour analyser le taux de matières organiques, le

pourcentage d’emballages, de sacs de collecte et d’erreurs de tri en entrée. Cependant après réflexion et observation sur le terrain lors des premières visites de sites, l’intégration d’une analyse fine des intrants en laboratoire a été abandonnée car l’échantillonnage n’aurait pas été représentatif de la globalité des intrants réceptionnés sur les sites.

Ainsi, la méthodologie consolidée porte sur les éléments suivants :

- **Gisement de biodéchets emballés** : il s’agit d’obtenir des informations sur les intrants, notamment leur nature, leur type d’emballage et leur provenance, les modalités de collecte et de stockage. Ces informations permettent d’étudier l’éventuelle influence du type d’intrants sur la qualité de la pulpe et sur les performances de l’équipement.
- **Bilan matière et qualité** : il s’agit d’obtenir les paramètres et éléments nécessaires à l’évaluation de la performance de l’équipement, c’est-à-dire sa capacité à séparer la matière organique des emballages et à produire une pulpe de qualité adéquate pour un retour au sol, et son efficience en matière de consommation d’eau et d’énergie.

Sur chacun des sites, des prélèvements ont été réalisés sur la pulpe organique et les différents types de refus qu’une ligne de déconditionnement peut générer, durant cinq jours consécutifs. Un membre du groupement a été présent le premier jour pour accompagner l’exploitant lors de la réalisation des premiers prélèvements. Les quatre jours suivants, les prélèvements ont été réalisés uniquement par l’exploitant du site.

2.4.3. Choix de l’approche d’échantillonnage

Plusieurs contraintes influent sur l’approche d’échantillonnage :

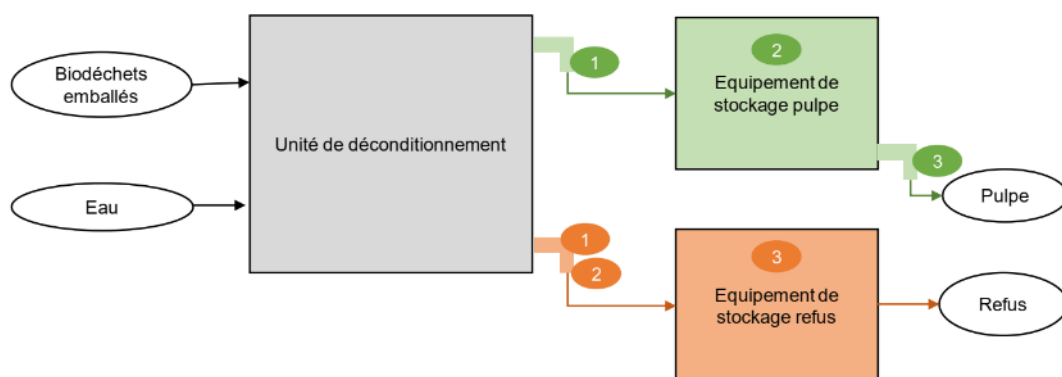
- L’unicité de l’essai et le temps qui lui est consacré ;
- La limitation du nombre d’échantillons à prélever ;
- La configuration des sites.

Trois situations ont été envisagées pour les prélèvements de pulpe issue d’un équipement de déconditionnement, selon les possibilités offertes sur chaque site (Figure 1) :

- **Cas 1** : l’écoulement des flux sortants peut être détourné pour effectuer des prélèvements simultanés ;
- **Cas 2** : le prélèvement de la pulpe doit être effectué dans l’élément de stockage en fosse ouverte ;
- **Cas 3** : le prélèvement de la pulpe doit être effectué dans l’élément de stockage équipé d’une vanne de prélèvement.

Trois situations ont été envisagées pour les prélèvements de refus issu d’un équipement de déconditionnement, selon les possibilités offertes sur chaque site (Figure 1) :

- **Cas 1** : Prélèvement au niveau du flux de sortie (flux de faibles largeur et profondeur ou de grandes largeur et profondeur)
- **Cas 2** : Prélèvement au niveau du flux de sortie (flux de refus de grande largeur et de faible profondeur)
- **Cas 3** : Prélèvement au niveau du stockage



Légende :

- | | |
|--|---|
| <p>1 Cas 1 : Prélèvement de la pulpe au niveau de l'écoulement des flux sortants</p> <p>2 Cas 2 : Prélèvement de la pulpe effectué dans l'élément de stockage en fosse ouverte</p> <p>3 Cas 3 : Prélèvement de la pulpe effectué dans l'élément de stockage équipé d'une vanne de prélèvement</p> | <p>1 Cas 1 : Prélèvement des refus au niveau du flux de sortie (flux de faibles largeur et profondeur ou de grandes largeur et profondeur)</p> <p>2 Cas 2 : Prélèvement des refus au niveau du flux de sortie (flux de refus de grande largeur et de faible profondeur)</p> <p>3 Cas 3 : Prélèvement des refus au niveau du stockage</p> |
|--|---|

Figure 1 : Schéma des points de prélèvements possibles des refus et de la pulpe

Aucune analyse d'échantillon ou caractérisation n'a été effectuée sur le flux entrant. Deux facteurs d'incertitude doivent être pris en compte pour appréhender les résultats :

- Celui sur la représentativité des échantillons ;
- L'incertitude liée à l'analyse en laboratoire elle-même.

2.4.4. Réalisation des analyses physico-chimiques et interprétation des résultats

Les échantillons prélevés sur 5 jours consécutifs en vue d'une analyse physico-chimique ont été transmis au laboratoire d'analyses. Ce dernier a pris en charge les analyses physico-chimiques des échantillons prélevés et l'établissement des rapports d'analyses.

• Qualité de la pulpe

Les analyses menées établissent :

- Teneur en matière sèche (NF EN 13040)
- Teneur en matière organique (NF EN 13039)
- Teneur en inertes indésirables résiduels (NFU 44-164)

La pulpe considérée pour le prélèvement est celle prête à être orientée vers une unité de traitement une fois toutes les étapes de déconditionnement passées.

• Qualité des refus

Les installations volontaires peuvent avoir plusieurs types de refus. Ainsi, tous les refus (primaires et secondaires) ont été prélevés et analysés. Les analyses menées établissent :

- Teneur en matière sèche (NF EN 13040)
- Teneur en matière organique non synthétique (ou, si impossible, teneur en matière organique totale [NF EN 13039])
- Teneur en inertes indésirables résiduels (NFU 44-164)
- PCI (NF EN 15400 ou NF EN ISO 18125)

Le PCI a été analysé pour évaluer l'intérêt d'une éventuelle valorisation énergétique.

Remarque sur la matière organique totale, synthétique et non synthétique :

La matière organique totale (MOT) d'un déchet est constituée de matière organique non synthétique (MONS) et de matière organique synthétique (MOS). La MONS est la matière organique naturelle, végétale et/ou animale, par opposition aux matières plastiques qui correspondent à la MOS. De ce fait, dans les refus, qui contiennent beaucoup de plastiques, la MONS fausse le taux de matière organique. Ce qui explique les taux élevés de MOT mesurés par perte au feu dans les refus. Pour les calculs du taux de captation, c'est la MONS qui nous intéresse car c'est elle qui est méthanisable.

De ce fait, il est préférable d'analyser la MONS dans les refus pour déterminer le taux de matière organique résiduelle dans les refus et pour calculer le taux de captation de la matière organique.

Les étapes du test de recherche et de classification des indésirables se résument comme suit : attaque à l'eau de javel (NaClO_3) de la matière organique, rinçage et mise à l'étuve pour séchage, tamisage à 2 et 5 mm, puis tri manuel de chacune des fractions tamisées. Des éléments gras non dissous par l'eau de javel peuvent être comptés comme indésirables inertes.

Les résultats d'analyses obtenus ont permis de comparer les résultats avec les limites de l'arrêté du 02 mars 2023 concernant la rubrique ICPE 2783 - Installation de déconditionnement de biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source en vue de leur valorisation organique -.

Les pulpes organiques doivent respecter les teneurs maximales en inertes et impuretés suivantes :

Tableau 2 : Teneurs maximales en impuretés liées à la rubrique ICPE 2783 (et du projet du socle commun)

Inertes et impuretés	Plastique > 2 mm	Verre > 2 mm	Métaux > 2 mm	Plastique + verre + métaux > 2 mm
Teneurs maximales (g/kg de matière sèche)	3	3	3	5

De plus, l'encadrement de l'ensemble des matières fertilisantes à travers un socle commun se structure à travers des projets de décrets et arrêtés. En effet, le socle commun pour les matières fertilisantes et supports de culture (MFSC) est un projet de réglementation qui vise à encadrer l'innocuité et l'efficacité de l'ensemble des matières fertilisantes et des supports de culture. Actuellement, le projet portant sur les teneurs maximales en impuretés liées au socle commun sont identiques à la rubrique ICPE 2783.

En complément, les pulpes organiques ont été également comparées aux valeurs seuils de la norme NFU-44051 et du projet de réglementation socle commun.

Les résultats d'analyses ont été communiqués à l'ensemble des exploitants volontaires.

2.4.5. Indicateurs de performance utilisés

Les biodéchets conditionnés entrants contiennent de la matière organique et des indésirables (notamment les emballages). A l'issue du déconditionnement, deux produits sont obtenus : de la pulpe organique et des refus. Les deux figures ci-après présentent des exemples de pulpe organique et de refus en sortie de ligne de déconditionnement.

La figure ci-après présente schématiquement le bilan matière (sur matière sèche) d'un équipement de déconditionnement.



Figure 2 : Exemple de refus (à gauche) et de pulpe organique (à droite) en sortie de ligne de déconditionnement

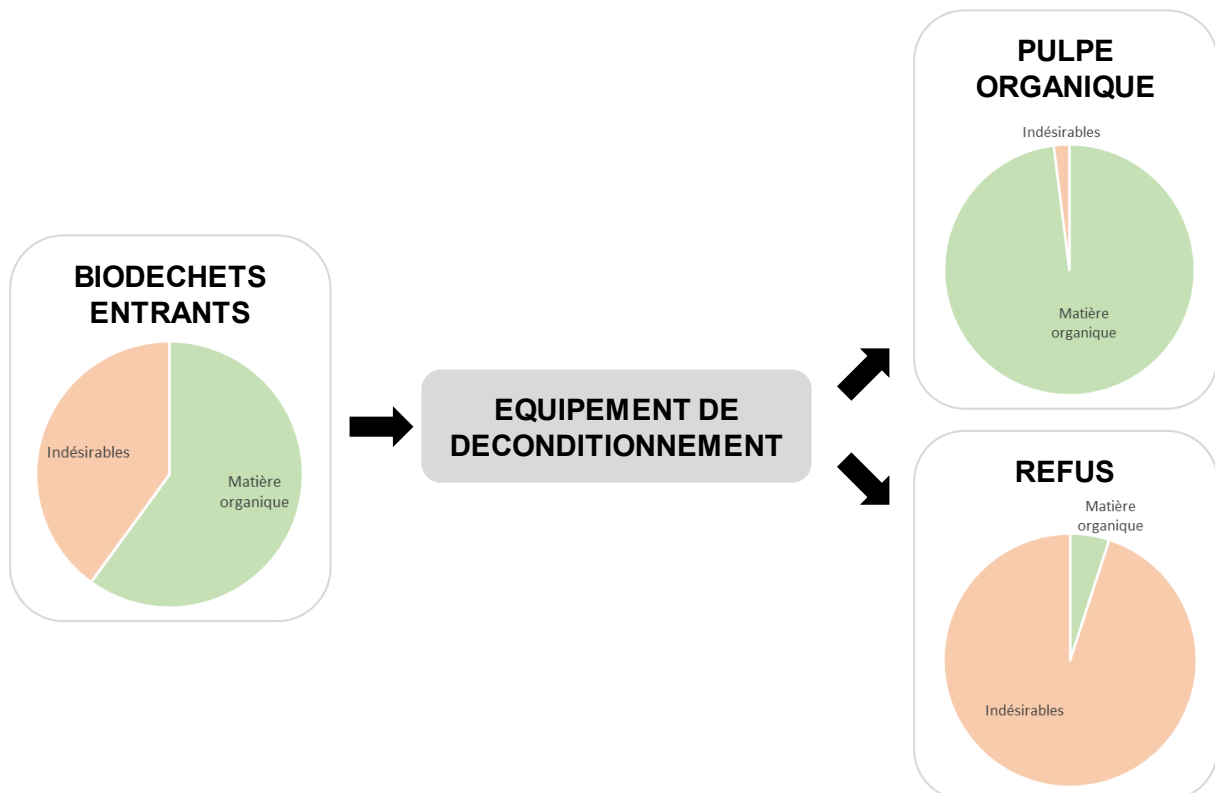


Figure 3 : Représentation schématique théorique du bilan matière (sur matière sèche) d'un équipement de déconditionnement

Plus un équipement de déconditionnement est performant, plus la pulpe organique est pure et plus les refus sont exempts de matière organique. De ce fait, la performance d'un équipement de déconditionnement peut être évaluée par la détermination du taux de captation de la matière organique et du taux d'épuration des indésirables.

Plus le taux de captation de la matière organique est faible, plus il y a de matière organique dans le refus. Plus le taux d'épuration des indésirables est faible, plus il y a d'indésirables dans la pulpe organique.

Ainsi, plus un équipement de déconditionnement est performant, plus les taux de captation et d'épuration sont tous deux proches de 100%.

Ces deux indicateurs sont calculés en réalisant un bilan matière, à partir des analyses des produits sortants (pulpe et refus). En effet, l'analyse directe du flux entrant peut être difficile pour plusieurs raisons :

- **Variabilité des déchets réceptionnés** : Les biodéchets peuvent varier considérablement en termes de composition. Par exemple, la proportion de matière organique peut fluctuer selon la nature des biodéchets.
- **Échantillonnage représentatif** : Pour obtenir une analyse précise, il est crucial que l'échantillon prélevé soit représentatif de l'ensemble du flux entrant. Cependant, en raison de l'hétérogénéité des biodéchets, obtenir un échantillon représentatif peut être difficile.

Taux de captation de la matière organique : rapport entre la quantité de matière organique séparée et la quantité de matière organique du flux entrant.

Pour déterminer la quantité de matière organique du flux entrant, étant donné que l'analyse directe de ce flux peut être complexe, on utilise une méthode indirecte basée sur un bilan matière. En analysant séparément la matière organique présente dans la pulpe et dans les refus, on peut établir que la somme des matières organiques de ces deux composants représente la quantité totale de matière organique initialement présente dans le flux entrant.

$$\text{taux de captation} = \frac{\text{Quantité de matière organique séparée}}{\text{Quantité de matière organique du flux entrant}}$$

De ce fait, le taux de captation de la matière organique peut s'exprimer ainsi :

$$\text{taux de captation} = \frac{P_{\text{pulpe}} \times \%_{\text{MONS pulpe}}}{P_{\text{intrants}} \times \%_{\text{MONS intrants}}}$$

$$\text{Ou taux de captation} = \frac{P_{\text{pulpe}} \times \%_{\text{MONS pulpe}} \times \%_{\text{MS pulpe}}}{P_{\text{intrants}} \times \%_{\text{MONS intrants}} \times \%_{\text{MS intrants}}}$$

Si le %MONS est exprimé sur matière sèche

Avec :

P_{pulpe} : Masse de la pulpe organique obtenue en sortie de la ligne de déconditionnement

$\%_{\text{MONS pulpe}}$: Taux de matière organique non synthétique de la pulpe organique

P_{intrants} : Masse de biodéchets incorporés en entrée de la ligne de déconditionnement

$\%_{\text{MONS intrants}}$: Taux de matière organique non synthétique des biodéchets

$\%_{\text{MS pulpe}}$: Taux de matière sèche de la pulpe organique

$\%_{\text{MS intrants}}$: Taux de matière sèche des biodéchets

Taux d'épuration des indésirables : rapport entre la quantité de refus séparé et la quantité de refus du flux entrant.

L'analyse directe du flux entrant est compliquée pour plusieurs raisons, comme celles mentionnées précédemment (variabilité des biodéchets, échantillonnage représentatif). Ainsi, la méthode indirecte basée sur le principe d'un bilan matière est utilisée. La somme des quantités d'indésirables présentes dans la pulpe et les refus correspond à la quantité totale d'indésirables du flux entrant.

$$\text{taux d'épuration} = \frac{\text{Quantité de refus séparés}}{\text{Quantité de refus du flux entrant}}$$

De ce fait, le taux d'épuration des indésirables peut s'exprimer ainsi :

$$\text{taux d'épuration} = \frac{P_{\text{refus}} \times \%_{\text{inertes refus}}}{P_{\text{intrants}} \times \%_{\text{inertes intrants}}}$$

$$\text{Ou taux d'épuration} = \frac{P_{\text{refus}} \times \%_{\text{inertes refus}} \times \%_{\text{MS refus}}}{P_{\text{intrants}} \times \%_{\text{inertes intrants}} \times \%_{\text{MS intrants}}}$$

Avec :

P_{refus} : Masse de refus obtenue en sortie de la ligne de déconditionnement

$\%_{\text{inertes refus}}$: Taux d'inertes des refus

P_{intrants} : Masse de biodéchets incorporés en entrée de la ligne de déconditionnement

$\%_{\text{inertes intrants}}$: Taux d'inertes des biodéchets

$\%_{\text{MS refus}}$: Taux de matière sèche des refus

$\%_{\text{MS intrants}}$: Taux de matière sèche des biodéchets

3. Installations de déconditionnement

Cette troisième partie présente les installations de déconditionnement dans lesquelles sont implantés les équipements.

3.1. Présentation des 7 unités

Cette partie a pour objectif de présenter les installations de déconditionnement.

3.1.1. Fonctionnement d'une installation de déconditionnement type

3.1.1.1. Eléments composant une installation

Une ligne de déconditionnement a pour objectif de séparer la matière organique, des indésirables d'un flux de biodéchets emballés triés à la source, afin de la valoriser dans des unités de méthanisation ou de compostage. Elle transforme également la matière organique sous la forme de pulpe, c'est-à-dire une matière organique réduite en bouillie.

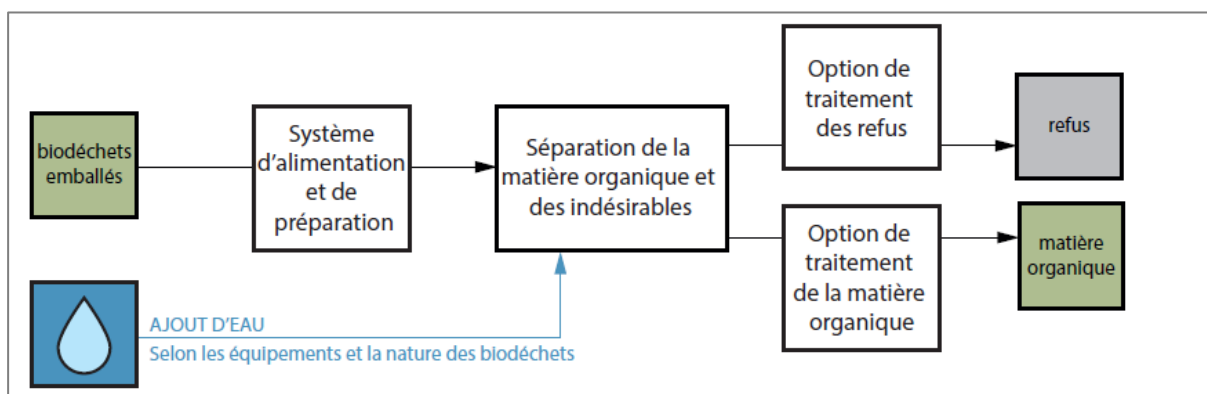


Figure 4 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement

Une ligne est composée d'un système d'alimentation et de préparation, d'un équipement de déconditionnement où a lieu la séparation des matières et pouvant comporter plusieurs modules en série ; en option, d'un équipement de déconditionnement complémentaire (notamment pour les éléments fins et/ou les matériaux difficilement séparés par l'équipement de déconditionnement) et éventuellement d'un système de lavage des refus.

Sur un site clôturé et dans un bâtiment fermé, une ligne de déconditionnement de biodéchets emballés intègre les éléments complémentaires suivants :

- Une aire de pesée et d'accueil ;
- Une aire de circulation permettant aux camions de manœuvrer ;
- Une aire de lavage des bennes et des contenants, ainsi que le cas échéant une aire de stockage des contenants propres ;
- Une aire de réception installée sur une aire couverte et le cas échéant une aire de stockage des contenants en attente de déversement ainsi que des moyens de déchargement des contenants et de chargement de la ligne ;
- Des moyens de stockage des flux sortants ;
- Des moyens de limitation des nuisances olfactives ;

- Des moyens de gestion de l'eau de pluie, de traitement de l'eau et de production d'eau chaude sanitaire ;
- Des cuvettes de rétention ;
- Un espace de vie pour les équipes.

La modulation de ces différentes zones est spécifique à chaque site. Le lieu d'implantation influe notamment sur les besoins de chaque site selon qu'il est sur une plateforme de compostage, sur une unité de méthanisation ou indépendant de ces deux types d'installation. La majorité des installations de déconditionnement en France sont sur une plateforme de compostage ou de méthanisation. De nombreux éléments sont alors mutualisés entre ces activités et celle de déconditionnement.

3.1.1.2. Equipements de déconditionnement complémentaires

Les équipements de déconditionnement complémentaires sont utilisés pour une optimisation globale du processus de déconditionnement. Ils permettent d'améliorer la qualité de la pulpe organique en diminuant la teneur des indésirables et/ou pour optimiser la qualité des refus en diminuant leur teneur résiduelle en matière organique.

En fonction du retour d'expérience des exploitants volontaires et selon les équipementiers, le tableau ci-après présente les méthodes de post-traitement existantes pour diminuer les teneurs en indésirables.

Tableau 3 : Méthodes de post-traitement pour diminuer les teneurs en indésirables

Objectif	Méthode principale de post-traitement
Diminuer la teneur en verre	Décantation (naturelle ou forcée)
Diminuer la teneur en métaux	Captation magnétique en ligne ou réduction de maille
Diminuer la teneur en plastiques	Réduction de maille, surfiltration ou séparation aéraulique

Ainsi, les exploitants peuvent utiliser différents systèmes pour affiner le déconditionnement des biodéchets emballés à la suite d'un premier déconditionnement.

Les principaux équipements complémentaires observés sur les sites sont listés ci-après :

- **La presse**

Les emballages de type plastique, carton, métal, comportent encore souvent de la matière organique. Ainsi, la presse a été spécialement conçue pour récupérer le substrat liquide valorisable des indésirables déjà séparés des biodéchets. Sa conception assure une forte compression des biodéchets ou des indésirables déjà séparés pour récupérer le substrat liquide résiduel composé de matière organique, séparé d'indésirables.

- **Le séparateur aéraulique**

Le séparateur aéraulique sépare les indésirables en fonction de leur poids et de leur surface à l'aide d'un flux d'air réglable. Son objectif principal est de séparer du flux les indésirables de type plastique.

- **Le décanteur**

La pulpe organique brute subit une phase de décantation. Cette phase permet de séparer les indésirables lourds (plus particulièrement le verre) de la pulpe organique brute.

- **Le séparateur magnétique**

Cet équipement permet la séparation ininterrompue et automatique des particules ferromagnétiques contenues dans les flux de biodéchets à traiter.

- **La centrifugeuse**

Il s'agit d'un équipement de séparation des indésirables en fonction de leur différence de densité en les soumettant à une force centrifuge.

- **La surfiltration**

Elle utilise des filtres très fins pour capturer les petites particules de plastique et les métaux dans le flux de biodéchets et/ou dans la pulpe organique. Ce type de process peut être intégré dans des modules complémentaires développés par les équipementiers.

3.1.2. Unités de déconditionnement volontaires

3.1.2.1. Présentation générale des sites

Sept installations ont été sélectionnées par l'ADEME en amont du suivi.

Tableau 4 : Présentation des sites réalisant l'étude

Installation	Équipement de déconditionnement	Catégorie de biodéchets lors du suivi renforcé
Site n°1	SMICON SMIMO 120 + équipements complémentaires	GMS et IAA Biodéchets triés à la source issus des ménages, de la restauration privée et collective
Site n°2	FLEXIDRY M	GMS Biodéchets triés à la source issus des ménages, de la restauration privée et collective
Site n°3	2 TIGER Depack + équipements complémentaires	GMS, IAA et producteurs de légumes et fruits
Site n°4	MAVITEC + équipements complémentaires	GMS, IAA et restauration
Site n°5	FLEXIBOOST + équipement complémentaire (FLEXIPURE)	GMS et IAA
Site n°6	SMICON SMIMO	IAA et GMS Biodéchets triés à la source issus des ménages, de la restauration privée et collective
Site n°7	Équipements complémentaires + Flexidry V4	GMS et IAA

Ces sept installations ont les caractéristiques suivantes :

- Elles ont été mises en service entre 2012 et 2023, ainsi l'ancienneté des équipements varie ;
- Elles sont installées majoritairement sur un site de méthanisation, qui valorise la pulpe organique issue du déconditionnement ;
- Deux flux uniques sortent de ces lignes de déconditionnement : la pulpe organique et les refus. Cependant, elles peuvent produire plusieurs types de refus, qui ont été analysés séparément, dans le cadre de la présente étude.

Les biodéchets traités par ces installations proviennent principalement de l'IAA et des GMS. Trois installations traitent également les biodéchets collectés en sac, triés à la source issus des ménages, de la restauration collective et commerciale.

Les flux sortants de ces installations sont gérés comme suit :

- La pulpe organique hygiénisée est soit injectée directement dans le process de méthanisation, soit stockée dans des cuves en attente de traitement par méthanisation.
- Les refus sont stockés dans des bennes avant d'être collectés pour incinération ou enfouissement. Pour diminuer les coûts de transport, un des sites (site n°7) réalise un séchage de ces refus. Bien que le site ne pratique pas le compostage, il dispose d'une zone de stockage spécifique, qui existait avant l'installation des équipements de déconditionnement où une aération forcée est appliquée à travers les refus avant envoi vers l'incinérateur. Selon un membre du personnel encadrant, cette méthode de séchage des refus permet de réduire leur poids de 15 à 20%.

3.1.2.2. Organisation observée sur les sites volontaires

• Effectif et poste de travail

Le fonctionnement de la ligne de déconditionnement nécessite entre un et quatre salariés à temps plein. Le nombre de salariés dépend étroitement de la complexité de la ligne de déconditionnement et de la quantité du flux entrant.

Les employés réalisent notamment l'incorporation des matières dans la trémie, l'entretien quotidien et la gestion des refus.

Quatre installations sur les sept sites volontaires ont pour activité principale la méthanisation. De ce fait, du personnel complémentaire est chargé de l'accueil, la pesée et le contrôle des flux entrants et le lavage des contenants pour l'ensemble du site.

Une ligne de déconditionnement étant un équipement industriel, un référent du site assure la gestion technique de l'équipement.

• Equipements de déconditionnement complémentaires

Parmi les sept sites volontaires, cinq disposent d'équipements complémentaires pour le déconditionnement des biodéchets. Sur quatre de ces sites, ces équipements sont situés en aval du déconditionneur, tandis que sur un site (site n°7), l'équipement est placé en amont. Cet équipement est composé d'un couteau et d'une presse et est appelé désemballeur par le personnel exploitant. Il était présent avant l'installation de l'équipement principal et continue donc d'être utilisé.

Les deux autres sites n'ont qu'un équipement de déconditionnement.

Le tableau ci-après présente le nombre de sites volontaires concernés par les équipements complémentaires. Il vient en complément du tableau présenté dans le paragraphe 3.1.1.2.

Tableau 5 : Nombre de sites volontaires concernés par les équipements complémentaires

Equipements complémentaires présents	Nombre de sites volontaires concernés
Presse	2
Décanteur	2
Filtre tambour	1
Séparateur aéraulique	1
Surfiltration	1
Aimant	1
Désemballeur (composé d'un couteau et d'une presse)	1
Centrifugeuse	1
Equipement secondaire développé par les équipementiers	1

L'utilisation d'équipements complémentaires de déconditionnement sur les sites volontaires est motivée par plusieurs raisons :

- **Amélioration de la qualité de la pulpe** : Les exploitants visent à obtenir une pulpe organique de haute qualité, car cela a un impact direct sur le digestat produit par la méthanisation ;
- **Gestion de différents types d'emballages** : Le process de déconditionnement peut présenter des défis en raison de la diversité des biodéchets et des types d'emballage. Les biodéchets peuvent varier considérablement en termes de composition, de taille et de type d'emballage. En exemple, les biodéchets des ménages et de la restauration, collectés en sac et les biodéchets produits par les GMS et IAA peuvent être composés de matériaux dont la biodégradabilité est très variable selon leur nature ;
- **Valorisation des déchets extraits** : Un site volontaire optimise le processus de déconditionnement car certains biodéchets réceptionnés contiennent un taux non négligeable de cailloux-calcaire (brisures d'œufs). Le calcaire, en tant que sous-produit du processus de déconditionnement, peut être ainsi valorisé de différentes manières. Par exemple, il peut être utilisé dans l'industrie de la construction, l'agriculture ou encore dans la fabrication du ciment.
- **Alléger la charge de l'équipement de déconditionnement principal et faciliter la logistique sur le site** : il s'agit de l'utilisation du désemballeur sur un des sites (site n° 7). Sur ce site, les biodéchets emballés, transportés en benne, sont déchargés directement dans une fosse extérieure au bâtiment comportant la ligne de déconditionnement. Les convoyeurs permettant le cheminement des biodéchets de cette fosse, alimentent uniquement le désemballeur (et non l'équipement de déconditionnement principal). Selon un responsable du site, ce désemballeur joue un rôle crucial pour alléger la charge de la ligne de déconditionnement principale et permet aux camions de dépoter sur le site, les biodéchets de manière fluide et autonome.

• Gestion des flux sortants

Quatre installations sur les sept sites volontaires ont pour activité principale la méthanisation (présence d'une unité de méthanisation sur le site de déconditionnement). Les autres installations n'ont qu'un déconditionneur. Cependant, tous les sites volontaires ont un objectif commun, qui est d'extraire la matière organique des biodéchets emballés pour alimenter des digesteurs pour une ou plusieurs unités de méthanisation (in situ ou ex situ).

Les sept sites volontaires disposent également d'une unité d'hygiénisation pour le traitement de la pulpe organique. Six sites ont une unité d'hygiénisation positionnée après la ligne de déconditionnement. Seul un site hygiénise la pulpe organique avant que celle-ci ne soit introduite dans un équipement complémentaire de déconditionnement., afin d'avoir une matière présentant une température élevée pour faciliter le traitement dans cet équipement.

Les refus sortant de six installations de déconditionnement sont stockés puis orientés vers des usines d'incinération de déchets non dangereux. Les refus sortant de l'installation restante sont stockés puis orientés vers un centre d'enfouissement.

Quatre installations sur les sept présentent des équipements complémentaires situés en aval des équipements de déconditionnement principaux. Ainsi, ces installations produisent deux types de refus (un en sortie du déconditionneur et un en sortie de l'équipement complémentaire) comparés aux trois autres sites qui ne produisent qu'un seul type de refus.

Pour assurer la continuité de la lecture de ce rapport, les chapitres suivants (de 3.1.3 à 3.1.9) présentent les sites volontaires. Pour chaque site, un graphique illustre la répartition, exprimée en pourcentage massique, des quantités de biodéchets traités, de pulpe organique produite et de refus générés.

Il est important de noter que la quantité de pulpe organique peut être plus élevée par rapport aux quantités de biodéchets entrants et de refus produits. Cela s'explique par l'eau utilisée pour le fonctionnement de l'unité de déconditionnement et/ou pour le nettoyage du site et des équipements, qui peut se retrouver dans la pulpe organique issue du déconditionnement des biodéchets.

De plus, pour des raisons de confidentialité, les résultats des suivis ont été agrégés et/ou moyennés.

3.1.3. Site n°1

3.1.3.1. Présentation générale

La ligne de déconditionnement est située sur un site de méthanisation. De marque SMICON modèle SMIMO, elle comprend, à la suite de l'équipement de déconditionnement principal, un filtre tambour, un aimant, un tri aérodynamique, une presse des refus et une centrifugation de la pulpe organique. Le site possède également un équipement dédié au nettoyage des caisses-palettes. Les biodéchets traités durant le suivi sont principalement composés d'un mélange de biodéchets, qu'ils soient emballés ou non, provenant de la grande distribution, de l'industrie agroalimentaire, de la restauration collective et commerciale, ainsi que des ménages.

Tous les biodéchets, qu'ils soient emballés ou non, passent par la ligne de déconditionnement pour subir un broyage et un tri avant d'être acheminés vers la méthanisation. Ainsi, la pulpe organique obtenue est valorisée en interne grâce à la méthanisation. Les refus produits sont de deux types : les DIB (Refus 1) et les minéraux (Refus 2). Les refus nommés DIB par l'exploitant sont des cartons, plastiques, métaux et verre. Les minéraux représentent la part minérale séparée des refus de type DIB.

La figure ci-après présente le synoptique de fonctionnement du site dans son ensemble et portant sur la chaîne de traitement des biodéchets.

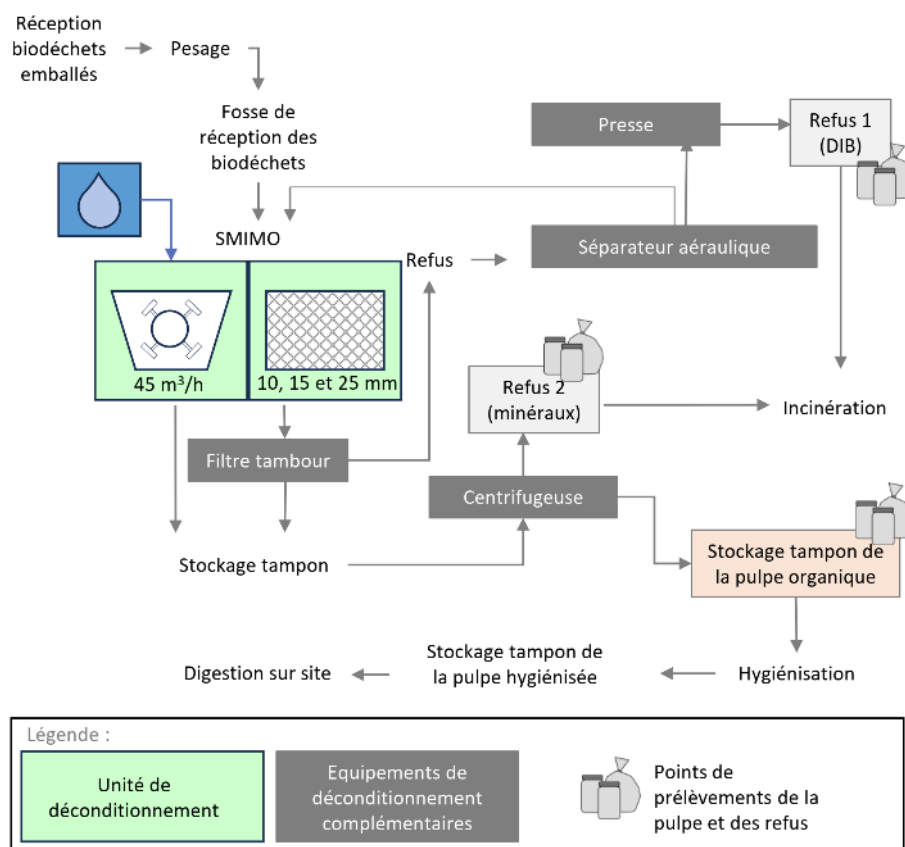


Figure 5 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°1

Les figures ci-après présentent les photographies des équipements présents sur le site.



Figure 6 : Fosse de réception, centrifugeuse, SMIMO 120, filtre à tambour (de gauche à droite)

Sur ce site, le suivi a duré 5 mois. En prenant la quantité totale mensuelle des biodéchets traités comme référence (égale à 100 %), la figure ci-après présente la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et refus produits au cours de l'étude.

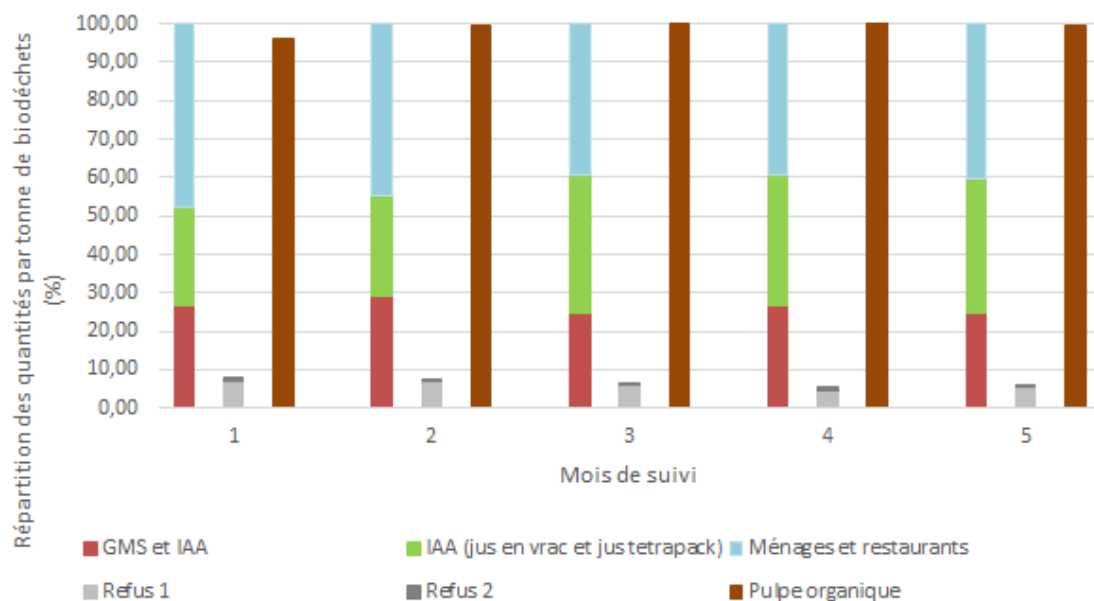


Figure 7 : Suivi de la répartition mensuelle des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°1

3.1.3.2. Qualité des biodéchets entrants

Les biodéchets traités pendant le suivi sont constitués principalement d'un mélange de biodéchets emballés ou non, de la GMS, de l'IAA, de la restauration collective et commerciale et des ménages. Les biodéchets des ménages sont emballés dans des sacs biodégradables, en papier kraft et dans des sacs à base d'amidon de maïs. Les biodéchets emballés provenant de la GMS peuvent être stockés en vrac dans

des caisses-palettes ou dans des sacs en plastique. Tout passe dans le déconditionneur en vue d'obtenir une pulpe facilement utilisable pour l'étape de méthanisation ensuite.



Figure 8 : Biodéchets entrants – Site n°1

La nature des biodéchets réceptionnés et traités sur le site est constante. Les biodéchets provenant des IAA et GMS représentent la catégorie la plus importante de biodéchets traités sur le site, avec une moyenne de 58 %. La part de biodéchets provenant des ménages et des métiers de bouche est de 42 %, en moyenne.

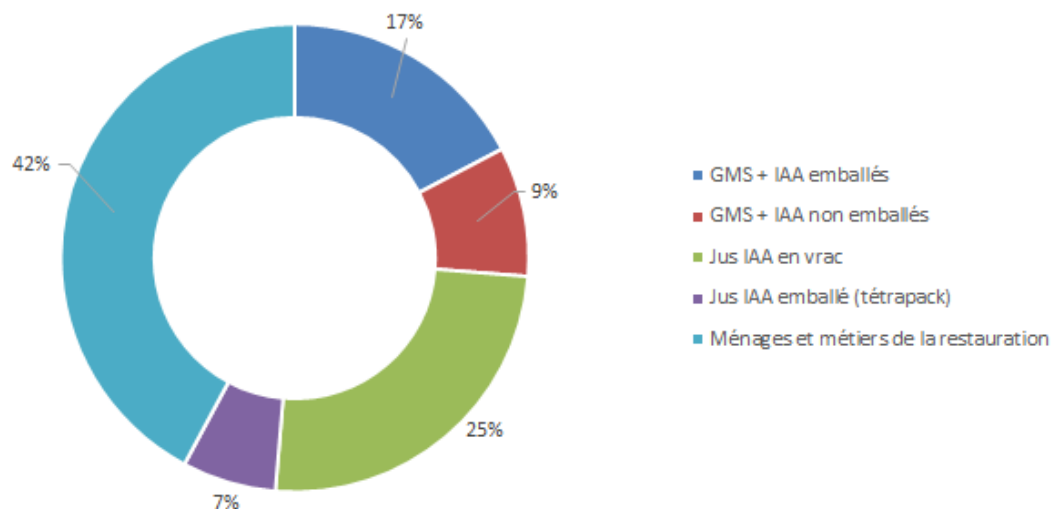


Figure 9 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi – Site n°1

3.1.3.3. Consommation d'eau

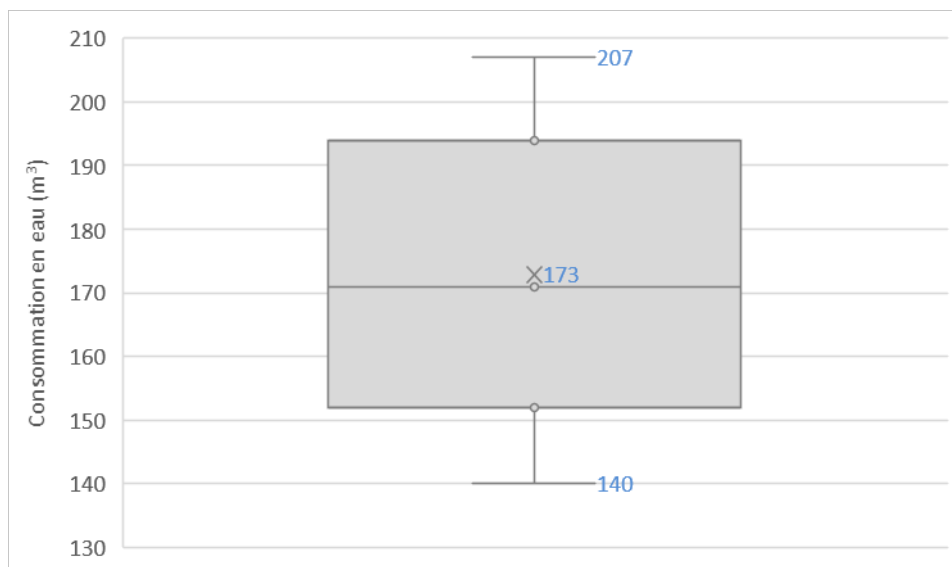


Figure 10 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°1

Sur le site, l'eau est utilisée pour :

- le nettoyage des caisses-palettes et camions dédiés à la collecte des biodéchets ;
- le nettoyage du site ;
- la ligne de déconditionnement.

La totalité de l'eau utilisée sur le site se retrouve dans la pulpe organique. La consommation mensuelle d'eau varie entre 140 et 207 m³ d'eau avec une moyenne de 173 m³.

3.1.3.4. Consommation électrique

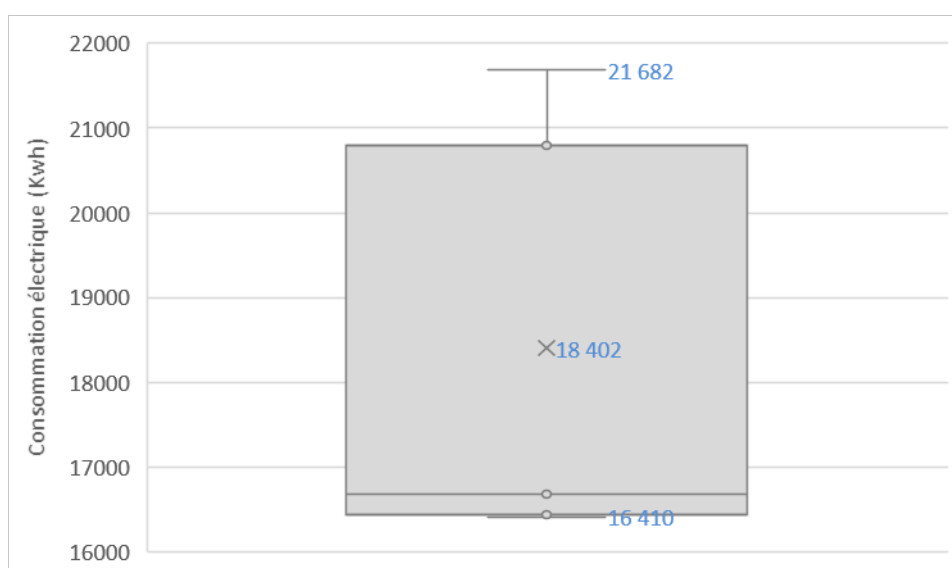


Figure 11 : Consommation moyenne mensuelle électrique – Site n°1

La consommation mensuelle électrique de l'ensemble du site (ligne de déconditionnement et méthanisation) varie de 16 410 à 21 682 kWh avec une moyenne de 18 402 kWh. La consommation du déconditionneur seul n'a pas pu être relevé en raison d'un seul compteur pour tout le site.

3.1.3.5. Durée des tâches et pannes relevées

- Durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement et temps de travail

La durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement est en moyenne de 40 heures par semaine, soit 8 heures par jour, mais avec des variations possibles selon les besoins de traitement des entrants oscillant entre 34 et 47 heures par semaine.

Deux employés à temps plein sont sur le site pour le fonctionnement de la ligne de déconditionnement. Au total, avec les deux salariés, le nombre d'heures lié à la manutention des caisses-palettes et le chargement de la trémie d'alimentation est en moyenne de 33 heures par semaine, soit 6,6 heures par jour, avec des fluctuations selon les besoins, variant entre 30 et 38 heures par semaine.

- Temps de travail liés à la maintenance et au nettoyage

Le temps de travail dédié à la maintenance de la ligne de déconditionnement est en moyenne de 2 heures par semaine, soit 24 minutes par jour.

Le temps de travail dédié au nettoyage du site, des caisses-palettes et des camions est en moyenne de 4 heures par semaine, soit 48 minutes par jour.

Au total, sur ce site, le fonctionnement et l'entretien de l'équipement demande un temps plein.

- Pannes relevées

Sur les 5 mois de suivi du site, la ligne de déconditionnement a été en dysfonctionnement pendant 12 heures suite à deux remplacements de vis d'alimentation cassée.

3.1.4. Site n°2

3.1.4.1. Présentation générale

L'activité principale du site n°2 est la collecte et le déconditionnement de biodéchets emballés. A proximité, il y a une unité de méthanisation agricole, indépendante du site n°2.

Sur le site, deux équipements de déconditionnement sont présents et utilisés en parallèle pour le traitement des biodéchets emballés, un de la marque Green Creative modèle Flexidry M et l'autre de la marque SMICON modèle SMIMO. Le démarrage des deux équipements a été réalisé avec le début du suivi de ce site.

S'agissant d'un nouveau modèle proposé par l'équipementier, le suivi porte uniquement sur le déconditionneur Flexidry M.

Le projet de la société est d'utiliser deux lignes de déconditionnement en parallèle pour pouvoir gérer deux flux distincts, les déchets de cuisine et de table emballés dans des sacs biodégradables provenant de la collecte séparée des biodéchets générés par les ménages et artisans des métiers de bouche et les biodéchets emballés provenant des GMS et Industries Agro-Alimentaires.

L'unité de déconditionnement suivie, la Flexidry M, est normalement dédiée aux biodéchets provenant des GMS. Cependant, en raison d'un nombre insuffisant de biodéchets provenant des GMS pour la mise en fonctionnement de celle-ci et sa montée en puissance, des déchets de cuisine et de table, emballés dans des sacs biodégradables, ont également été traités sur cet équipement pendant les 4 premiers mois de suivi sur 5 au total. De même, les relevés de suivi et les estimations de performance, ne correspondent pas à un fonctionnement de l'installation en pleine charge, seulement pour le dernier mois de suivi.

La pulpe organique produite est valorisée par des unités de méthanisation partenaires.

Il n'y a qu'un seul type de refus produit sur l'installation car le site ne possède pas d'équipement complémentaire. Par contre, la configuration du site ne permet pas de prélever les refus à la sortie de

chaque équipement. De ce fait, les prélèvements des refus ont été effectués dans la benne de stockage commune aux refus des deux déconditionneurs. Lors des prélèvements, seul le déconditionneur Flexidry était en marche, ce qui a permis de recueillir uniquement les refus provenant de cet équipement.

La figure ci-après présente le synoptique de fonctionnement du site dans son ensemble et portant sur la chaîne de traitement des biodéchets emballés.

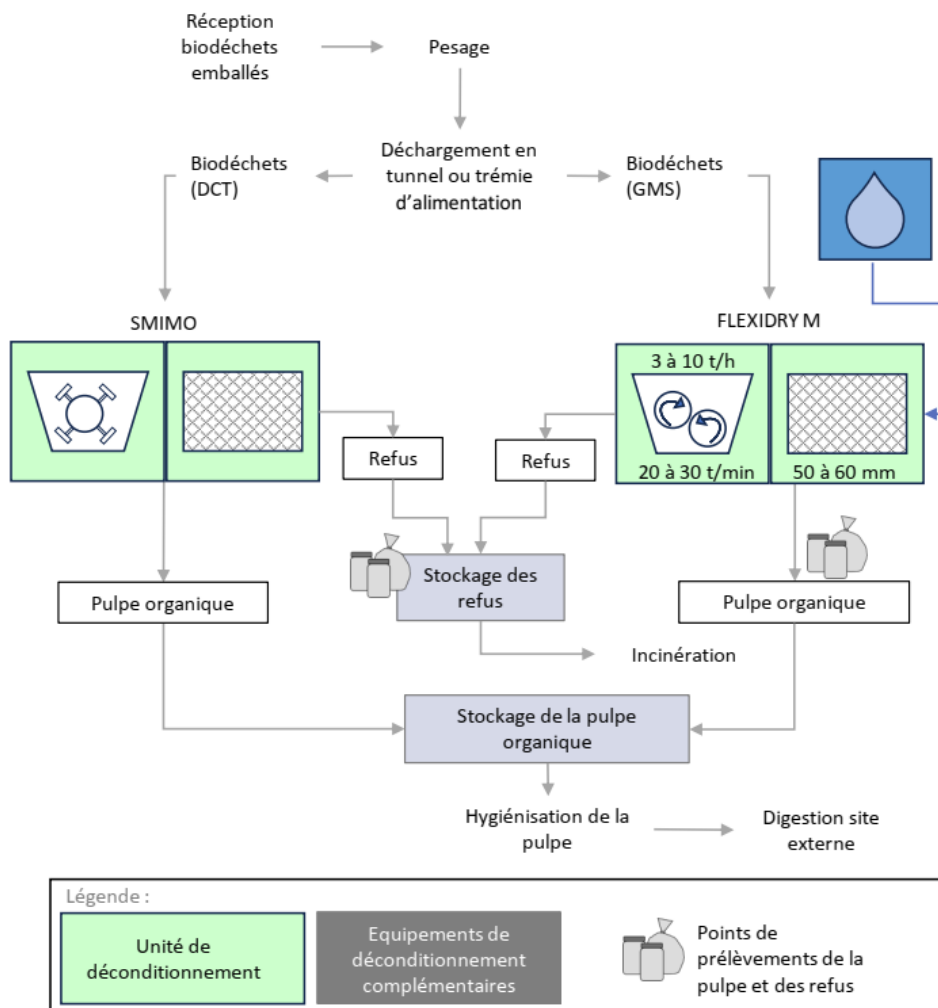


Figure 12 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°2

Les figures ci-après présentent les photographies des équipements de déconditionnement présents sur le site.



Figure 13 : Lignes de convoyage – Site n°2



Figure 14 : Flexidry M – Site n°2

Sur ce site, le suivi a duré 5 mois. En prenant la quantité totale mensuelle des biodéchets traités sur la ligne Flexidry M comme référence (égale à 100 %), la figure ci-après présente la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et refus produits. Les quantités élevées de pulpe organique proviennent de l'ajout d'eau dans l'équipement.

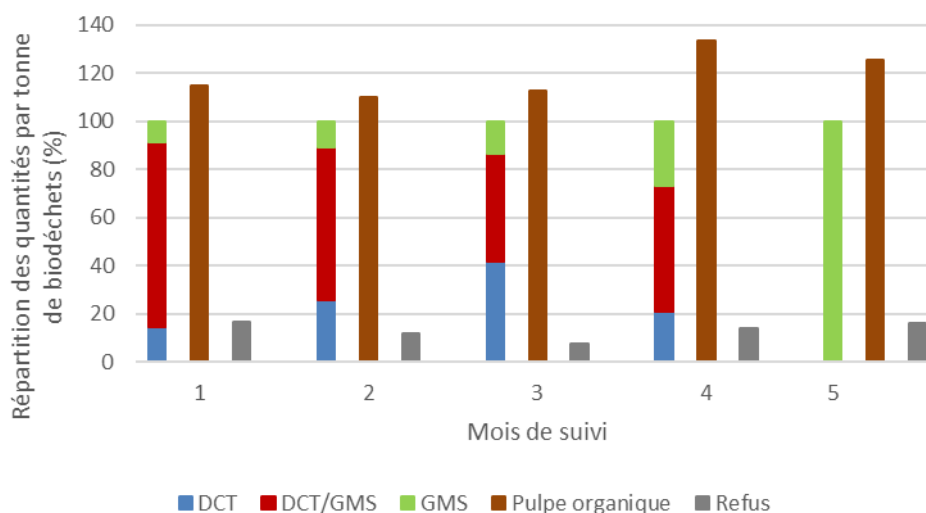


Figure 15 : Suivi de la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°2

Le dernier mois, le déconditionneur a été utilisé conformément à l'objectif de l'entreprise, c'est-à-dire uniquement avec des biodéchets emballés provenant de la GMS.

3.1.4.2. Qualité des biodéchets entrants

Les biodéchets traités pendant le suivi sont constitués principalement de biodéchets emballés de la GMS et des déchets de cuisine et de table emballés dans des sacs biodégradables provenant de la collecte des biodéchets triés et séparés à la source.



Figure 16 : Biodéchets entrants – Site n°2

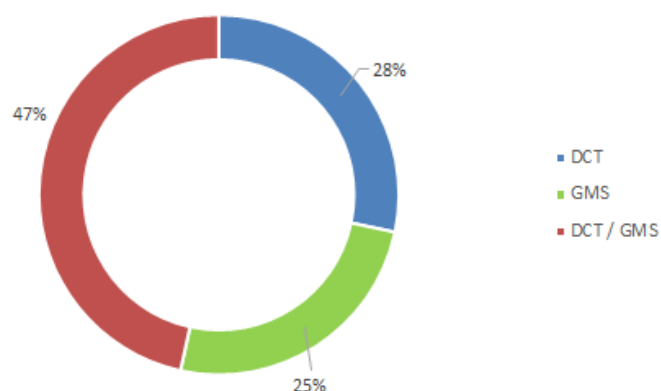


Figure 17 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi – Site n°2

3.1.4.3. Consommation d'eau

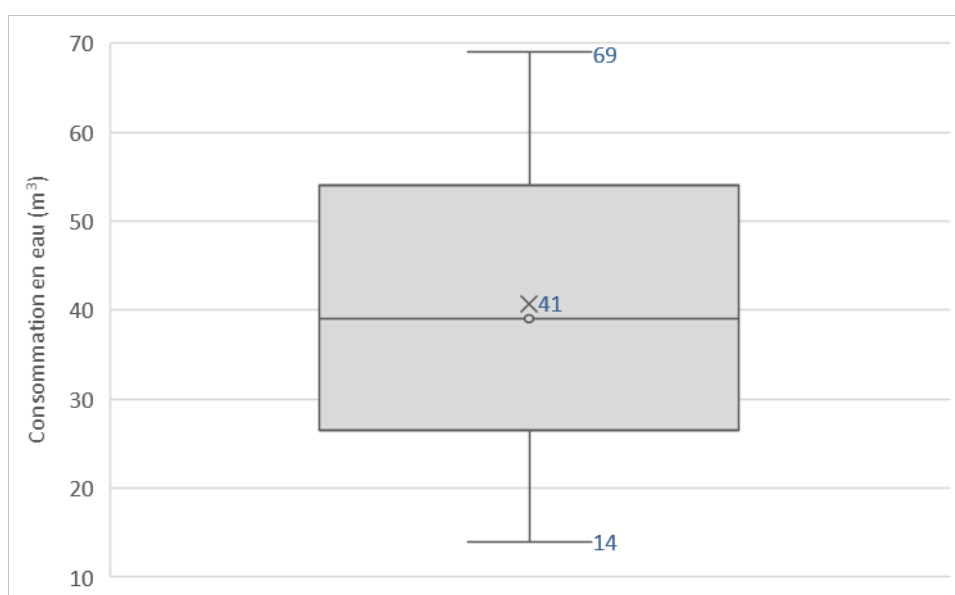


Figure 18 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°2

Lors de la mise en service de la ligne de déconditionnement, l'équipement a consommé en moyenne mensuelle 41 m³ d'eau. La consommation d'eau mensuelle varie entre 14 et 69 m³. Cette variation est liée à la mise en fonctionnement de l'équipement. Pour optimiser les tests, l'équipement a été nettoyé à plusieurs reprises car le convoyage des biodéchets emballés jusqu'à l'équipement nécessitait des ajustements. En effet, la ligne de convoyage n'étant pas de la même marque, le débit d'acheminement devait être réglé pour que l'équipement de déconditionnement puisse opérer de manière optimale.

3.1.4.4. Consommation électrique

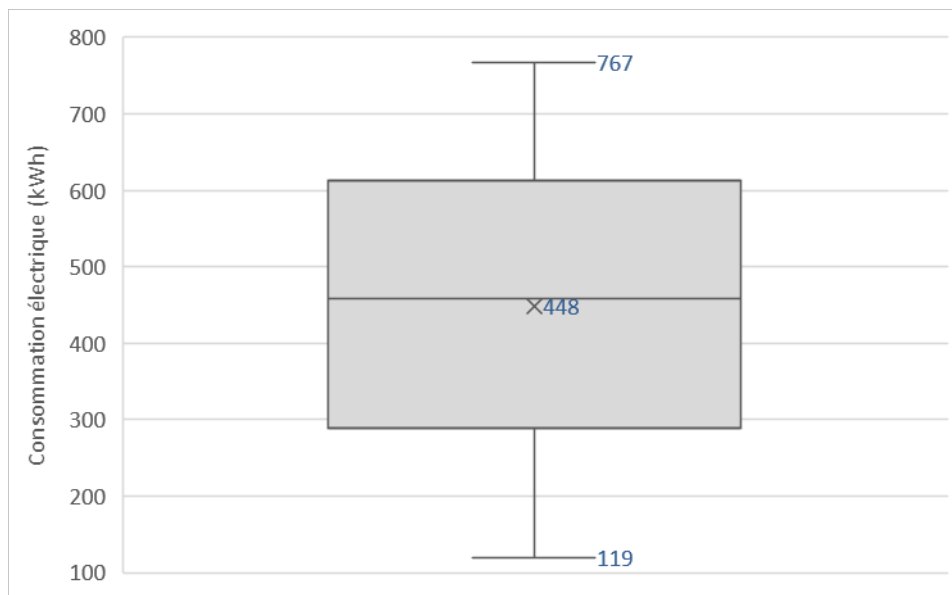


Figure 19 : Consommation moyenne mensuelle électrique pendant le suivi – Site n°2

Lors de la mise en service de la ligne de déconditionnement, l'équipement a consommé par mois, entre 119 et 767 kWh d'électricité. Cette variation est liée à la mise en fonctionnement de l'équipement. En effet, la hausse de la consommation d'électricité a progressé en fonction de l'augmentation de la charge de biodéchets emballés à traiter.

3.1.4.5. Durée des tâches et pannes relevées

- Durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement, temps de travail et pannes relevées

L'équipement de déconditionnement a été mis en route avec le début du suivi. Ainsi le temps de fonctionnement n'est pas représentatif d'un fonctionnement dit normal. Le temps de fonctionnement de l'équipement et le temps de travail lié au process sont pratiquement identiques. Par la suite, une autonomie de l'équipement fut observée après la période de suivi.

Sur les 17 semaines de suivi, la moyenne liée au temps de fonctionnement est de 7,5 heures par semaine. Cette valeur faible est liée à un dysfonctionnement portant sur le débit d'acheminement des biodéchets dans l'équipement lors de sa mise en service et à la période de congés du personnel, le démarrage de l'installation ayant débuté au début de la période estivale. Ainsi, pendant 3 semaines, l'équipement n'avait pas fonctionné.

Une personne à temps plein s'occupait de la mise en fonctionnement de l'équipement accompagné de l'équipementier, soit en moyenne 2 heures par semaine. Le temps de travail dédié à la réception des biodéchets est en moyenne d'une heure par semaine lors du suivi.

3.1.5. Site n°3

3.1.5.1. Présentation générale

La ligne de déconditionnement comprend deux déconditionneurs de marque Ecoverse modèle Tiger HS640, fonctionnant en parallèle. A la sortie de ces équipements, la pulpe brute subit une phase de sédimentation puis une phase d'hygiénisation, avant incorporation dans des presses à chaud.

La pulpe organique produite est valorisée en interne, par méthanisation.

Les refus produits sont de deux types : les refus produits par les Tiger (Refus 1) et les refus produits par les presses (Refus 2). Ces refus sont orientés vers un site d'enfouissement.

La figure ci-après présente le synoptique de fonctionnement du site dans son ensemble et portant sur la chaîne de traitement des biodéchets emballés.

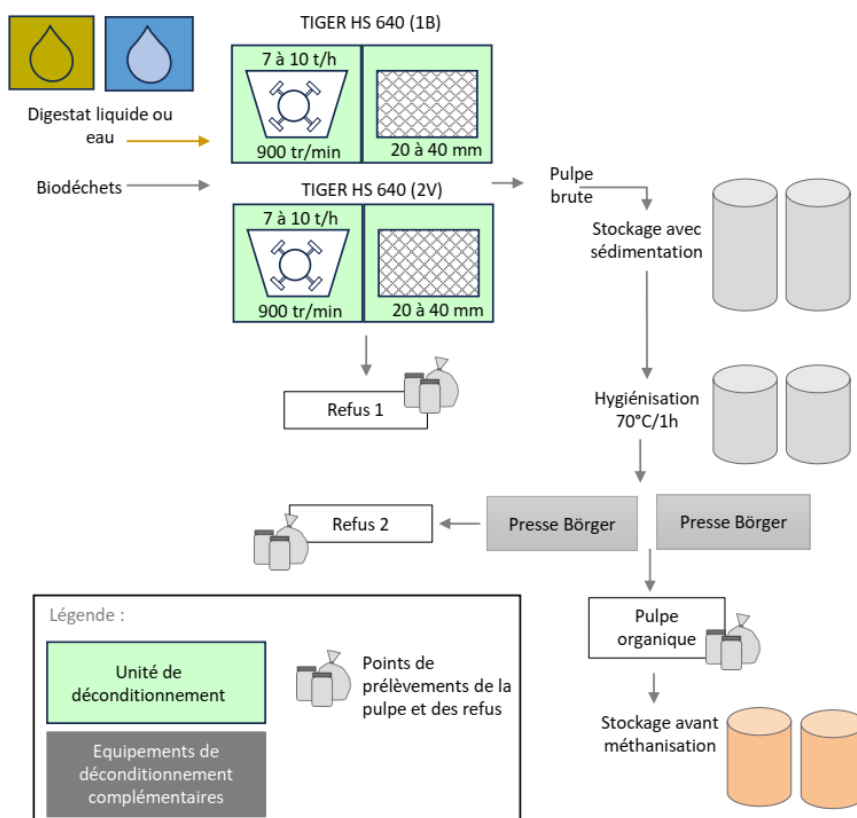


Figure 20 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°3

Les figures ci-après présentent les photographies des équipements de déconditionnement présents sur le site.



Figure 21 : Tiger HS 640 et presse Börger (gauche à droite) – Site n°3

Sur ce site, le suivi a duré 7 mois. En prenant la quantité totale mensuelle des biodéchets traités comme référence (égale à 100 %), la figure ci-après présente la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et refus produits au cours de l'étude.

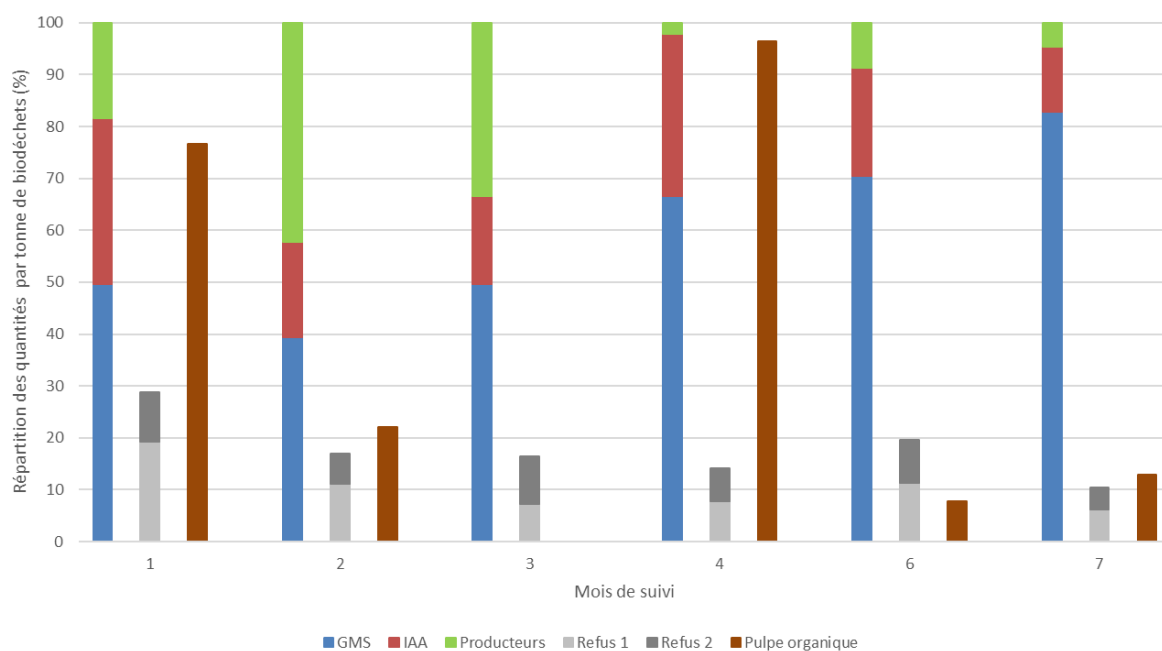


Figure 22 : Suivi de la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°3

Pour la pulpe organique, les données liées aux quantités ont été collectées lors de l'introduction dans le méthaniseur. Etant donné que le process présente plusieurs étapes de traitement de la pulpe et propose également le stockage de celle-ci, il a été difficile de corréler les quantités de biodéchets réceptionnés et traités avec les quantités de pulpe produites.

3.1.5.2. Qualité des biodéchets entrants

Les biodéchets traités pendant le suivi sont constitués principalement de biodéchets de la GMS, de l'IAA et des producteurs de fruits et légumes.



Figure 23 : Biodéchets entrants – Site n°3

La nature des biodéchets réceptionnés et traités sur le site est constante. Ce sont uniquement des biodéchets emballés qui sont traités sur le site. Les biodéchets provenant des GMS représentent la catégorie la plus importante de biodéchets traités sur le site, avec une moyenne de 61 %.

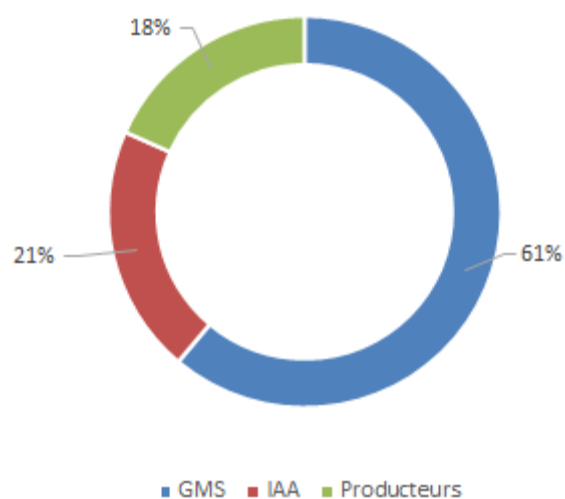


Figure 24 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi – Site n°3

3.1.5.3. Consommation d'eau

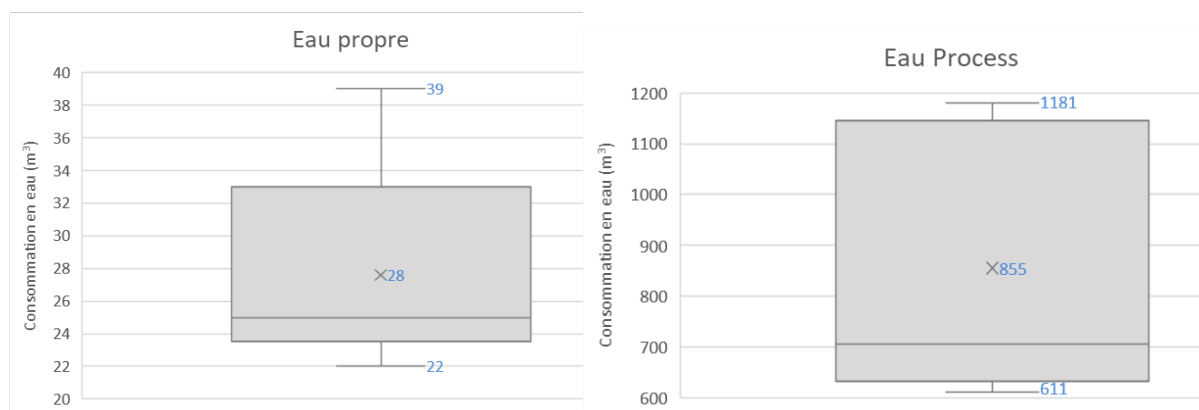


Figure 25 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°3

L'eau propre (eau potable) est utilisée en minorité avec une moyenne mensuelle de 28 m³. L'eau de process est un mélange de digestat et d'eau. Ce mélange est utilisé en grande majorité par la ligne de déconditionnement avec une moyenne mensuelle de 855 m³. La variabilité est liée au type de biodéchets déconditionnés. Plus la part des biodéchets provenant de la GMS et de l'IAA est élevée, plus la consommation d'eau est importante.

3.1.5.4. Consommation électrique

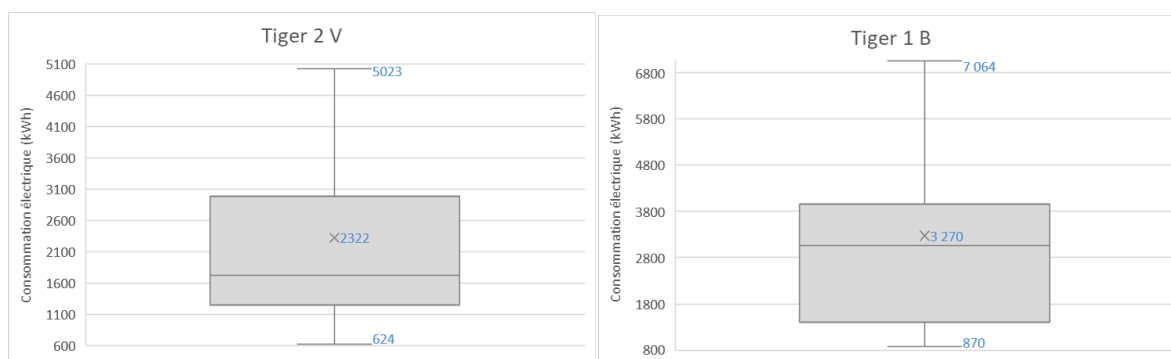


Figure 26 : Consommation moyenne mensuelle électrique – Site n°3

La consommation électrique du Tiger 2 V varie de 624 à 5 023 kWh avec une moyenne mensuelle de 2 322 kWh. La consommation électrique du Tiger 1B varie de 870 à 7 064 kWh avec une moyenne mensuelle de 3 270 kWh. La variation est liée aux quantités et à la nature des biodéchets traités.

3.1.5.5. Durée des tâches et pannes relevées

- Durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement et temps de travail

La durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement, qui comprend également l'incorporation des biodéchets dans les déconditionneurs est en moyenne de 123 heures par mois, soit environ 31 heures par semaine ou 5,6 heures par jour. Trois employés à temps plein sont sur le site pour le fonctionnement de la ligne de déconditionnement (personnel chargé également du fonctionnement de l'unité de méthanisation). Le nombre d'heures lié à la réception des biodéchets est en moyenne de 29 heures par mois, soit environ 1,3 heures par jour. Le nombre d'heures lié à la dépalettisation est en moyenne de 25 heures par mois, soit 1,1 heures par jour. Donc au total, 8 heures par jour (soit un temps plein) sont nécessaires pour le fonctionnement de l'ensemble de la chaîne de déconditionnement.

- Temps de travail liés à la maintenance et au nettoyage

Le temps de travail dédié à la maintenance (graissage) de la ligne de déconditionnement est en moyenne de 1,5 heures par mois.

Le temps de travail dédié au nettoyage du site est en moyenne de 21 heures par mois, soit une heure par jour.

- Pannes relevées

Lors du suivi, 6 pannes ont été observées dont 4 qui ont nécessité des temps d'arrêt d'un des deux déconditionneurs relativement longs.

En effet, un des Tiger a subi une importante panne liée à une grille éventrée. Le temps d'arrêt attribué au changement de la pièce est de 48 heures.

Par ailleurs, un changement de câble électrique sur un des Tiger a dû être réalisé. Le temps d'arrêt attribué à ce changement est de 64 heures.

Une pompe a dû être remplacée, ce qui a occasionné un temps d'arrêt de 6 heures.

Enfin, un ventilateur du moteur de la vis d'alimentation a causé une panne de 7 heures.

3.1.6. Site n°4

3.1.6.1. Présentation générale

Présente sur un site de méthanisation, la ligne de déconditionnement provient de l'équipementier MAVITEC. Elle permet de traiter des biodéchets emballés ou non issus de l'IAA, de la restauration et des GMS.

Avec deux étapes de filtration, la ligne de déconditionnement produit deux types de refus : des refus de grande taille et des refus fins. Les matières lourdes telles que les brisures de verre ou des cailloux ou du sable sont séparées par sédimentation, puis stockés soit dans des silos, soit dans une fosse dédiée avant évacuation pour enfouissement. La pulpe organique est valorisée en partie sur le site par méthanisation et est également en partie expédiée vers d'autres sites de méthanisation de la région.

Tous les biodéchets, qu'ils soient emballés ou non, passent par la ligne de déconditionnement avant d'être acheminés vers la méthanisation.

Pour les biodéchets emballés, le site les réceptionne soit en vrac, soit conditionnés en palettes. Les grosses erreurs de tri (les déchets non organiques, non liés aux biodéchets), sont séparées manuellement si elles sont identifiées lors de la réception.

Les erreurs de tri sont aussi identifiées lors de l'introduction des biodéchets dans la trémie d'alimentation du déconditionneur, grâce à la caméra installée sur le bras télescopique de la chargeuse.

Le déconditionneur sépare les indésirables à l'aide de marteaux qui déchirent les emballages des biodéchets intrants. De l'eau ou des intrants à faible teneur en matière sèche sont ajoutés dans le process pour améliorer la séparation et la récupération des emballages. L'ajout d'eau est réglé par automatisme selon la mesure de la pression en sortie du déconditionneur.

Une deuxième étape de séparation des indésirables restants dans la pulpe organique est réalisée après le déconditionneur, par surfiltration. Avec une taille de crible plus petite que celle du déconditionneur, les refus séparés dans cette unité sont fins. Cette étape se réalise après hygiénisation de la pulpe, car, à chaud, la viscosité de la pulpe diminue et la séparation est plus simple.

La figure ci-après présente le logigramme de fonctionnement du site dans son ensemble et portant sur la chaîne de traitement des biodéchets emballés.

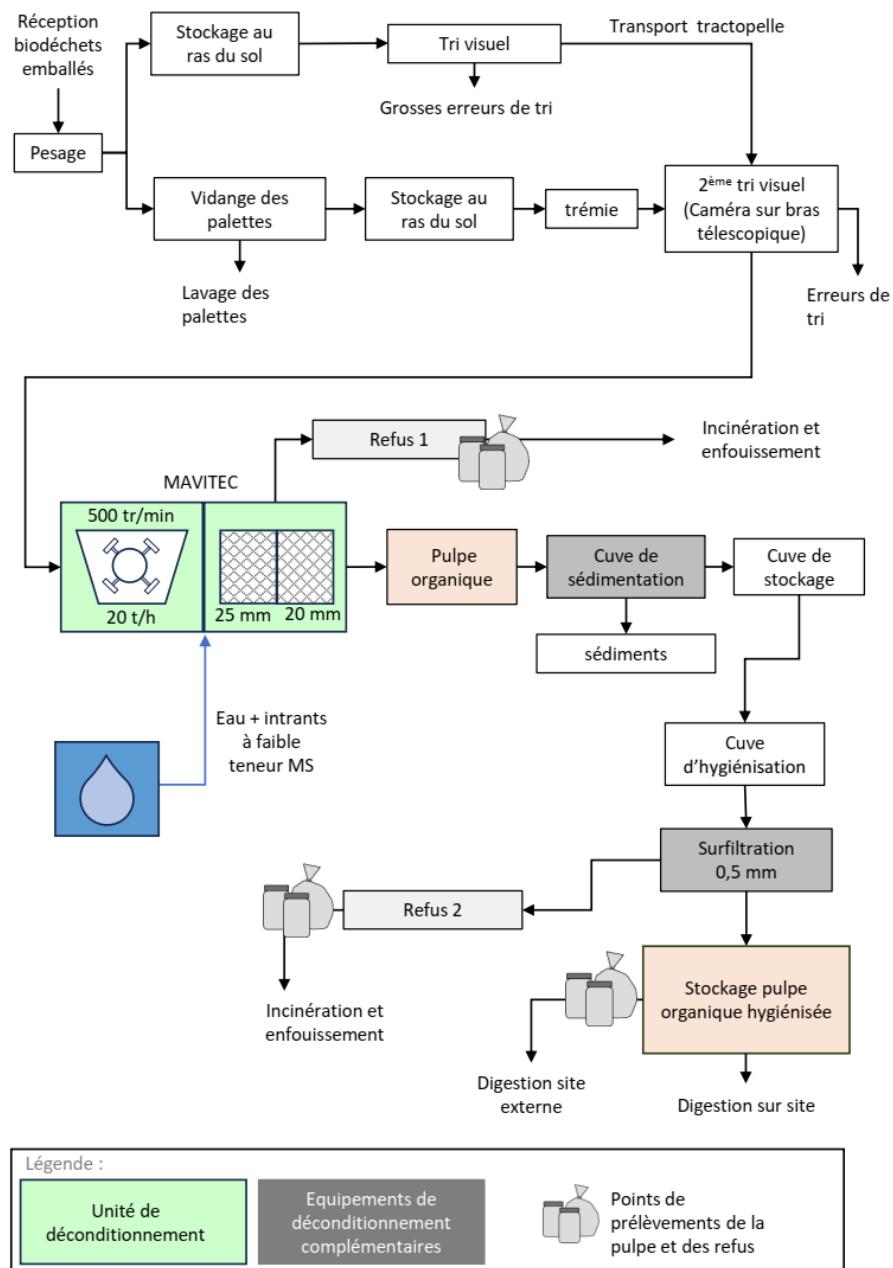


Figure 27 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°4

Les figures ci-après présentent les photographies des équipements de déconditionnement présents sur le site.



Figure 28 - (a) Chargement de la trémie (b) grille de séparation du déconditionneur (c) grille de recharge du post-traitement (d) tours de décantation (e) refus du déconditionneur (f) refus du post-traitement.

Sur ce site, le suivi a duré 6 mois. En prenant la quantité totale mensuelle des biodéchets traités comme référence (égale à 100 %), la figure ci-après présente la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et refus produits au cours de l'étude.

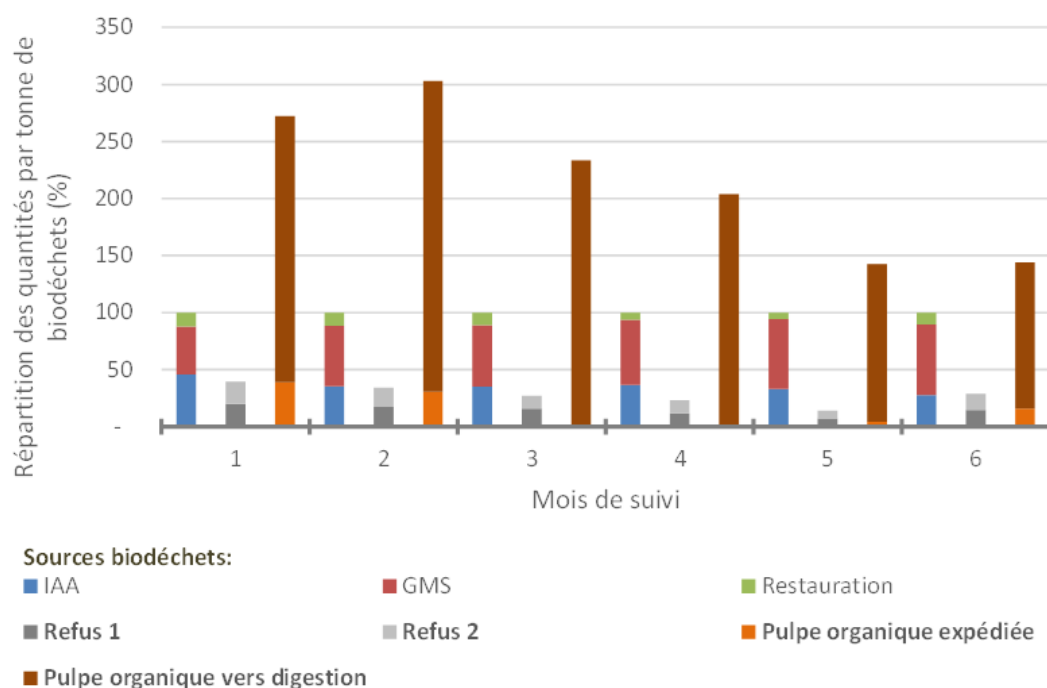


Figure 29 : Suivi de la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°4

3.1.6.2. Qualité des biodéchets entrants

Les flux entrants traités pendant le suivi sont constitués principalement d'un mélange de biodéchets issus de GMS, de l'IAA et de la restauration.



Figure 30 : Biodéchets entrants – Site n°4

Concernant les quantités par catégories de biodéchets réceptionnés et traités sur le site, sur les 6 mois de suivi, les biodéchets issus des GMS sont majoritaires (57% des matières réceptionnées), suivis par les biodéchets d'IAA et provenant de la restauration (34 et 9% respectivement). Les biodéchets réceptionnés proviennent d'un périmètre de moins de 45 km en moyenne.

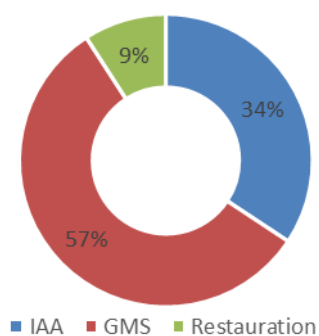


Figure 31 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi – Site n°4

3.1.6.3. Consommation d'eau

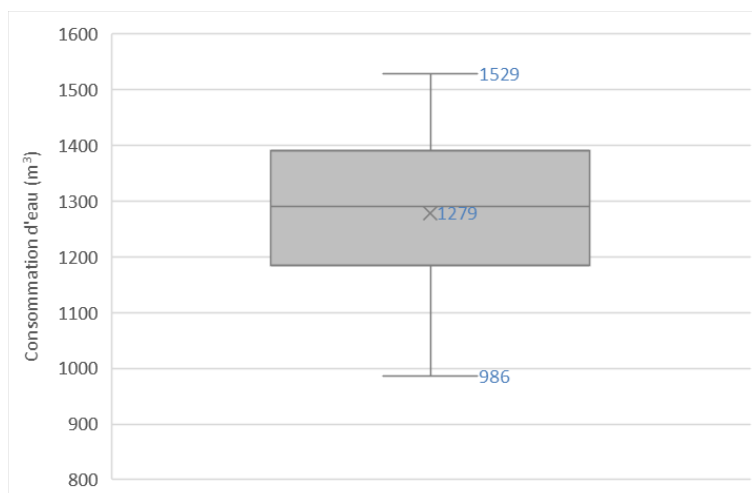


Figure 32 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°4

L'eau est utilisée pour le nettoyage des caisses-palettes et camions dédiés à la collecte des biodéchets, pour le nettoyage du site et la ligne de déconditionnement. La totalité de l'eau utilisée sur le site se retrouve dans la pulpe. La consommation d'eau du site n°4 varie, par mois, entre 1 000 et 1 500 m³.

3.1.6.4. Consommation électrique

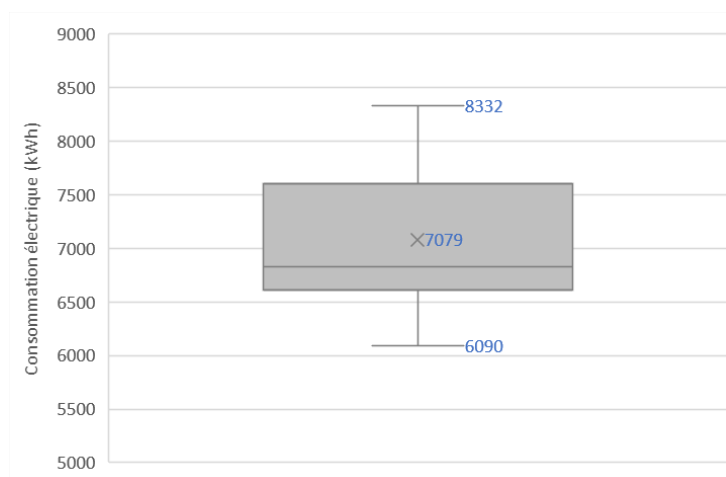


Figure 33 : Consommation moyenne mensuelle électrique pendant le suivi – Site n°4

La consommation électrique du site (comprenant l'unité de déconditionnement et le méthaniseur) est en moyenne de 7 079 kWh par mois et varie de 6 000 à 8 000 kWh. Il n'y a pas de sous compteur électrique permettant de connaître la consommation du déconditionneur seul.

3.1.6.5. Durée des tâches quotidiennes et pannes relevées

- Durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement et temps de travail

La durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement est en moyenne de 8 heures par jour sur 6 jours d'activité par semaine. Quatre employés sont présents sur le site, dont un s'occupant exclusivement du fonctionnement de cette ligne.

Le temps nécessaire pour les tâches liées à la réception des biodéchets est estimé à une demi-heure par jour, voir une heure pour entreposer temporairement les biodéchets sur les aires destinées. Lorsque ces biodéchets sont réceptionnés en caisse-palettes, le temps dédié à la manutention est plus long.

Concernant le temps lié au process, à l'incorporation des biodéchets dans la trémie et à la surveillance du bon déroulement du déconditionnement, celui-ci est en moyenne de 2 heures par jour.

Donc en moyenne, trois heures par jour sont nécessaires pour alimenter et suivre le fonctionnement de l'unité de conditionnement.

- Temps de travail liés à la maintenance et au nettoyage

Le temps de travail dédié à la maintenance de la ligne de déconditionnement est en moyenne de 5 heures par semaine et inclut des tâches de nettoyage quotidien des grilles et de graissage des composants mécaniques. Ce temps est plus important lors d'épisodes de maintenance préventive et/ou curative de l'équipement, par exemple lors de bourrage de la pompe d'évacuation ou lors du changement d'éléments mécaniques (lames, marteaux).

Le temps de travail dédié au nettoyage des caisses-palettes et des camions est en moyenne de 1 heure par jour, avec des pics de 4 heures de nettoyage selon les arrivages.

- Pannes relevées

Pendant les 6 mois de suivi, la ligne de déconditionnement était à l'arrêt total une trentaine de fois. La plupart de ces situations concernaient le bourrage de la pompe d'évacuation obligeant l'arrêt de toute la ligne (23 événements). Le bourrage au niveau de la trémie (5 événements) ou du convoyeur était également signalé. La présence de corps étrangers dans l'équipement de déconditionnement est arrivée dix fois pendant le suivi.

3.1.7. Site n°5

3.1.7.1. Présentation générale

La ligne de déconditionnement, de l'équipementier Green Creative, est présente sur le site de méthanisation. Elle permet de traiter les biodéchets emballés provenant de l'IAA et des GMS.

D'après son expérience sur la réception des biodéchets contenant du verre, l'exploitant, a opté pour une séparation manuelle de ces déchets. Cette mesure a été mise en place pour éviter d'éventuels dommages sur les équipements et surtout pour garantir une pulpe finale exempte de résidus de verre.

La ligne de déconditionnement est constituée de deux modules, le Flexiboost permettant de séparer les refus grossiers des biodéchets, puis le Flexipure équipé d'une grille à maille plus fine pour séparer de la pulpe organique, les refus fins.

Ainsi, le Flexiboost est un module de déconditionnement avec un trommel grandes mailles permettant le traitement des biodéchets emballés, il est suivi par un second module, le Flexipure. Ce dernier a été développé pour les besoins du site, il s'agit d'un prototype comportant un module de filtration de la pulpe organique avec un procédé comprenant trois étapes, la compression, le criblage et le broyage pour une filtration optimale des indésirables contenus dans la pulpe organique.

Le paramétrage de l'unité de déconditionnement permet de régler l'ajout d'eau, la pression exercée pour la séparation, le débit d'air comprimé, etc. Ceci est réalisé selon les mélanges types de biodéchets traités et défini par l'exploitant.

Avec deux étapes de séparation des indésirables, la ligne de déconditionnement produit ainsi deux types de refus : des refus grossiers, provenant du Flexiboost et des refus fins, provenant du Flexipure.

La pulpe organique produite est en partie valorisée sur le site par méthanisation en voie liquide. Le reste de la pulpe est expédiée vers un deuxième site de méthanisation.

La figure ci-après présente le synoptique de principe de fonctionnement du site dans son ensemble et portant sur la chaîne de traitement des biodéchets emballés.

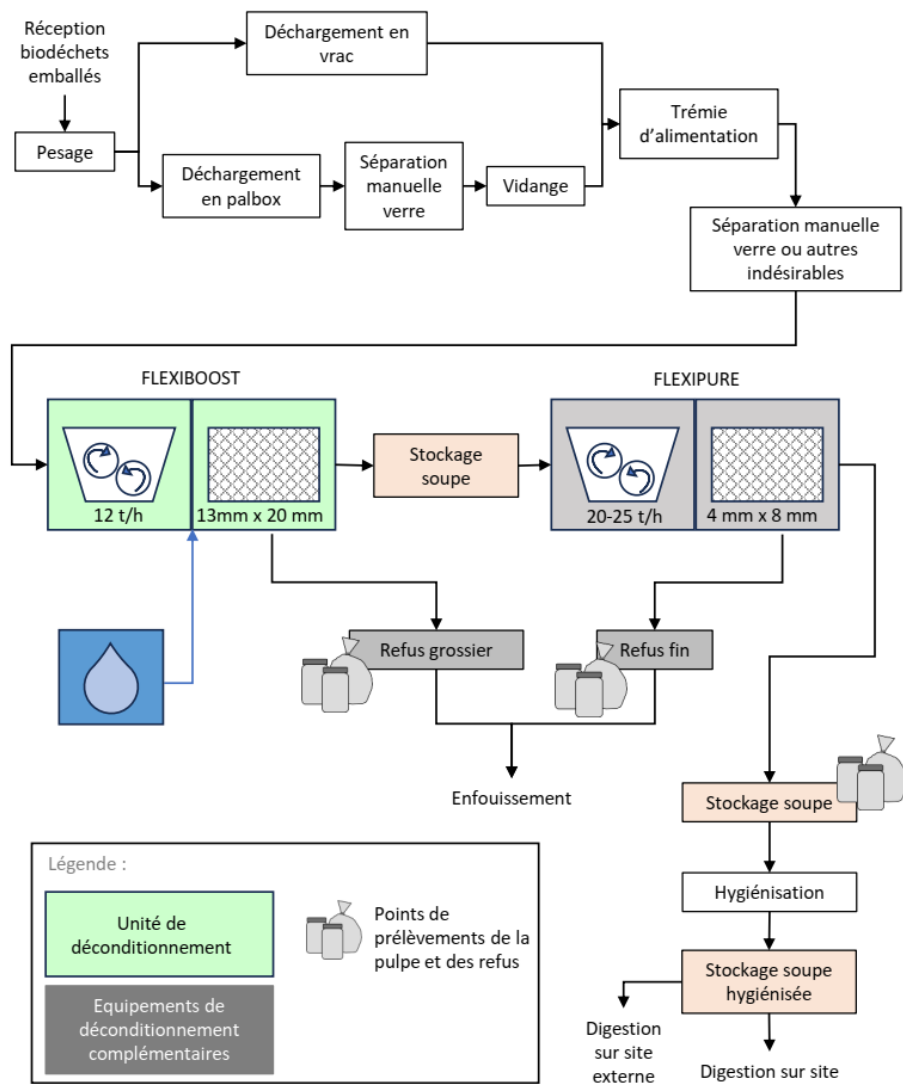


Figure 34 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°5

Les figures ci-après présentent les photographies des équipements de déconditionnement présents sur le site.



Figure 35 : (a) Chargement de la trémie (b) refus issu du tri manuel (c) déconditionneur Flexiboot (d) grille de séparation du Flexiboot et bac de collecte de la pulpe (e) mécanisme de compression et séparation des biodéchets (f) refus grossier issu du déconditionneur (g) post-traitement avec prototype Flexipure (h) refus fin issu du post-traitement. – Site n°5

Au moment de l'étude, le site se trouve encore en phase de montée en charge. En prenant la quantité totale mensuelle des biodéchets traités comme référence (égale à 100 %), la figure ci-après présente la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et refus produits au cours de l'étude. Le suivi du fonctionnement du site a duré 6 mois.

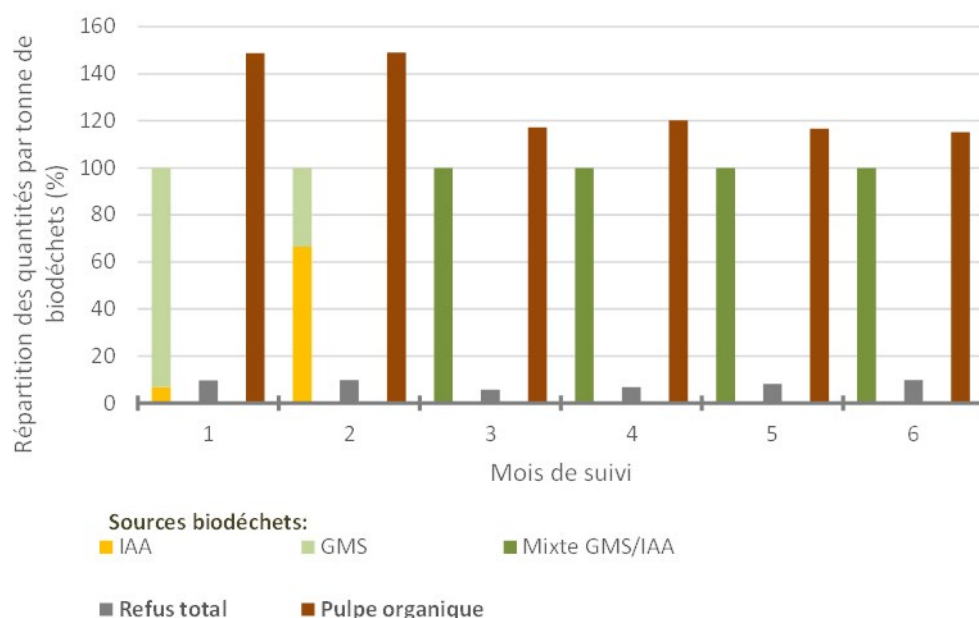


Figure 36 : Suivi de la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°5

3.1.7.2. Qualité des biodéchets entrants

Les flux entrants traités pendant le suivi sont constitués des biodéchets emballés produits par les GMS et les IAA. Les biodéchets ont été livrés principalement dans des caisse-palettes les deux premiers mois de suivi et en vrac les mois suivants.

Parallèlement, les arrivages en contenants en verre, issus de la grande distribution, sont mis de côté pour être traités manuellement afin d'introduire uniquement les biodéchets dans le déconditionneur. Une équipe dédiée effectue cette tâche pour limiter les casses de machines et garantir la qualité de la pulpe produite.

Le site étant situé en région à faible densité de population, les biodéchets parcourent entre 100 et 200 km pour être acheminés vers le site. Les quantités de biodéchets réceptionnées et traitées ont atteint environ 600 tonnes par mois en rythme de croisière. L'objectif du site est de pouvoir traiter jusqu'à 10 000 tonnes par an de biodéchets.

3.1.7.3. Consommation d'eau

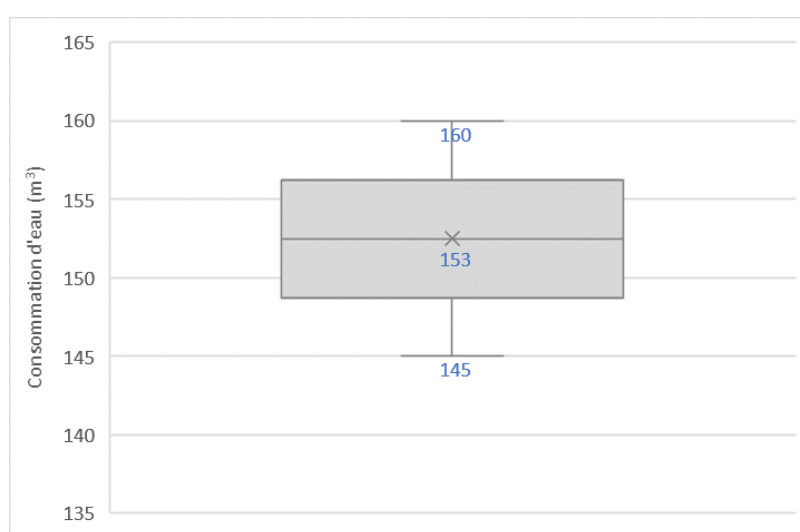


Figure 37 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°5

L'eau est utilisée pour le nettoyage des caisses-palettes, pour le nettoyage du site et la ligne de déconditionnement. La totalité de l'eau utilisée sur le site se retrouve dans la pulpe. La consommation d'eau est d'environ 150 m³ par mois, en fonctionnant à un rythme de croisière.

3.1.7.4. Consommation électrique

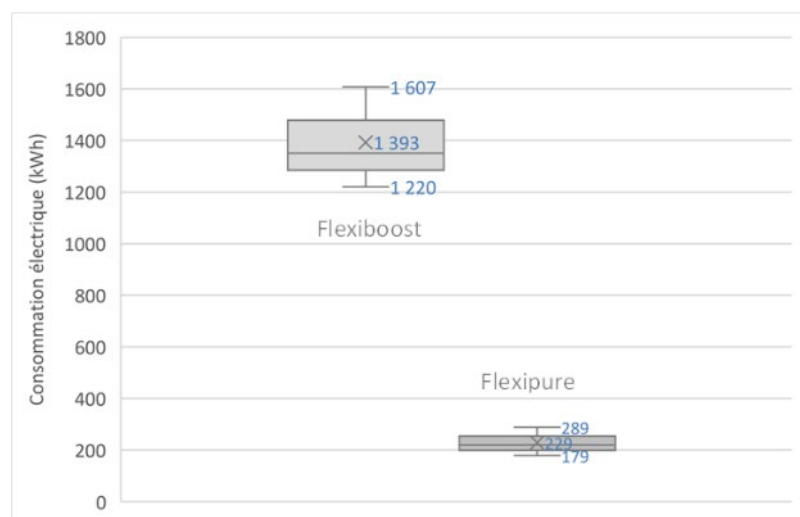


Figure 38 : Consommation moyenne mensuelle électrique pendant le suivi – Site n°5

En ce qui concerne la consommation électrique de la ligne de déconditionnement, elle se situe à environ 1 600 kWh par mois pour un fonctionnement de croisière. La deuxième étape de séparation contribue pour environ 14% à cette consommation électrique.

3.1.7.5. Durée des taches et pannes relevées

- Durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement et temps de travail

En cadence dite normale, la durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement est d'environ 12 heures par semaine. 2.5 équivalents-salariés travaillent sur le site pour en assurer le fonctionnement.

Le nombre d'heures consacré à la réception et au chargement de la trémie d'alimentation est d'environ 30 heures par semaine. La quantité importante de biodéchets réceptionnés provenant des GMS, transportés en caisse-palettes, justifie cette tâche chronophage. Le nettoyage de ces caisses-palettes, inclut dans ce temps de travail, se réalise au fur et à mesure lors du chargement de la trémie d'alimentation, permettant de récupérer les lixiviats dans cette unité. L'étude n'a pas permis d'avoir des informations supplémentaires sur les temps passés au déconditionnement manuel des contenants en verre.

- Temps de travail liés à la maintenance

Le temps de travail dédié à la maintenance de la ligne de déconditionnement (dévoué au nettoyage quotidien des grilles de l'équipement) est en moyenne de 4 heures par semaine. C'est une maintenance quotidienne préventive, pour des équipements encore nouveaux et en bon état.

- Pannes relevées

Pendant les 6 mois de suivi, le site de déconditionnement a dû gérer des dysfonctionnements, qui sont généralement liés au fait d'intégrer sur le site des unités prototype. Les principales perturbations concernaient : les défauts de synchronisation du débit traité par les unités de déconditionnement et les pompes ; les erreurs au niveau des capteurs de pression à cause des matières en suspension et la conception peu optimale du bac de rétention de l'unité de post-traitement. Ces problèmes ont été résolus et pris en compte par l'équipementier pour les prochaines unités à concevoir du même type.

3.1.8. Site n°6

3.1.8.1. Présentation générale

La ligne de déconditionnement provient de l'équipementier SMICON. Les biodéchets réceptionnés proviennent très majoritairement de la collecte en sacs des biodéchets des ménages, restauration et marchés publics de zones urbaines à haute densité de population. La ligne de déconditionnement traite également, en minorité, des biodéchets provenant des GMS et IAA. Le site ne dispose pas d'infrastructures pour la méthanisation, ainsi, la pulpe organique est expédiée pour être valorisée dans des installations membres de l'AAMF.⁴

Le site a mis en place une double ligne de réception des biodéchets, permettant de séparer les erreurs de tri lorsqu'elles ont été identifiées pendant la collecte. Cela concerne notamment les vitres qui se retrouvent fréquemment dans le flux de collecte des ménages. La ligne de déconditionnement comprend, à la suite de l'équipement de déconditionnement un compacteur des refus.

La figure ci-après présente le logigramme de fonctionnement la chaîne de traitement des biodéchets emballés du site.

⁴ Association Agriculteurs Méthaniseurs de France

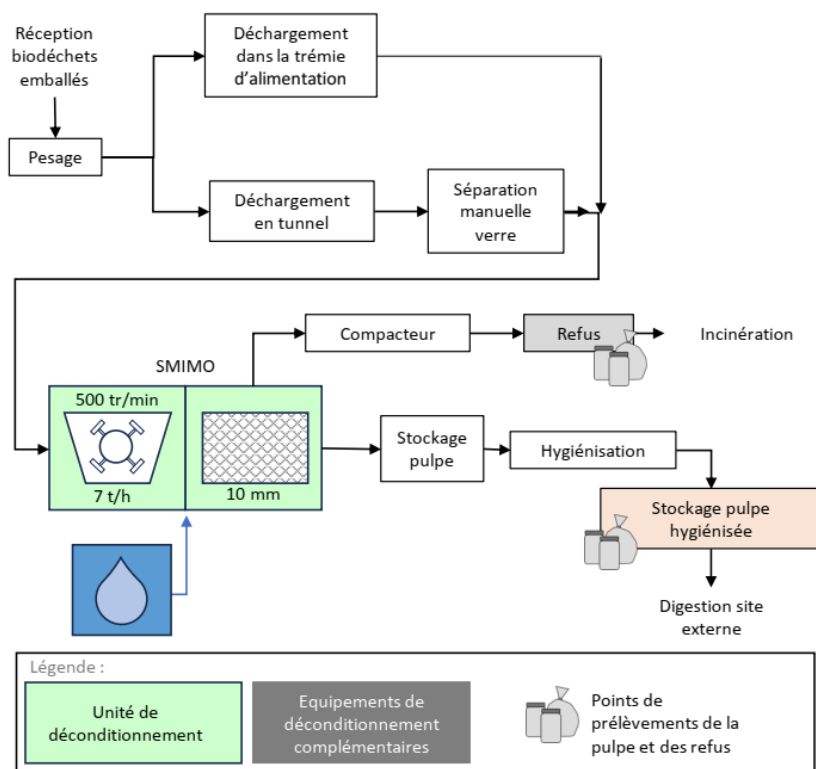


Figure 39 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°6

Les figures ci-après présentent les photographies des équipements de déconditionnement présents sur le site.



Figure 40 : Trémie de réception et alimentation - Tunnel de réception avec unité d'alimentation Toploader (de gauche à droite) – Site n°6



Figure 41 : Vue d'ensemble de l'unité de déconditionnement – Site n°6



Figure 42 : (gauche) Pièce de rechange du crible (milieu) Modèle de marteau (droite) Pulpe organique – Site n°6

En prenant la quantité totale mensuelle des biodéchets traités comme référence (égale à 100 %), la figure ci-après présente la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et refus produits au cours de l'étude.

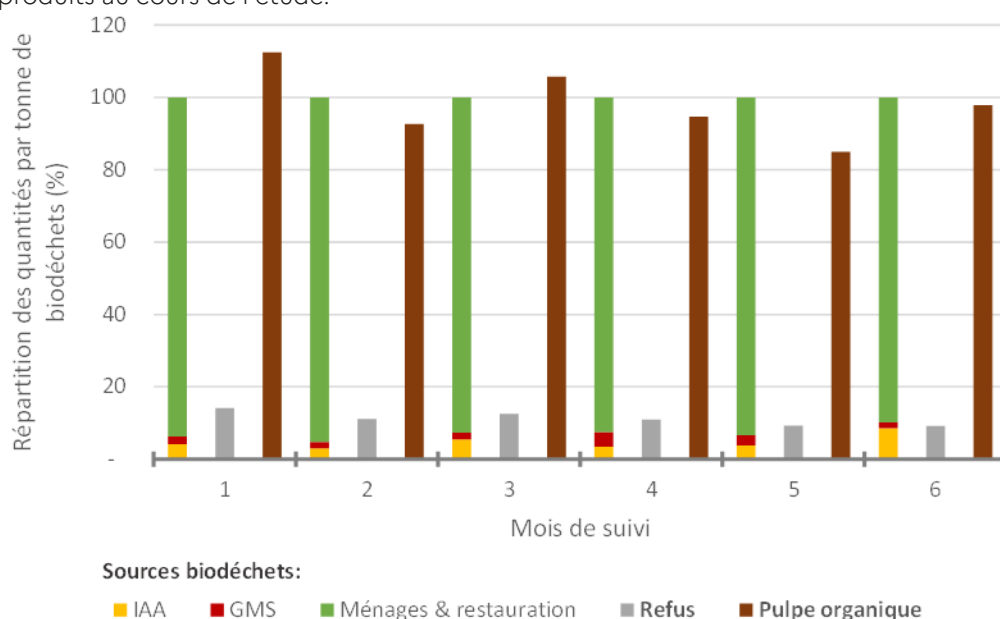


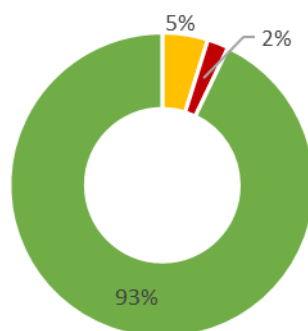
Figure 43 : Suivi de la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°6

3.1.8.2. Qualité des biodéchets entrants

Les biodéchets traités pendant le suivi sont constitués principalement d'un mélange de biodéchets des ménages, comprenant les activités de la restauration collective et commerciale et issus de marchés. Les biodéchets sont collectés en région urbaine.

Les biodéchets réceptionnés contiennent des quantités faibles d'emballages mais ils sont en majorité conditionnés dans des sacs plastiques.

Au cours des six mois de suivi, parmi les différentes catégories de biodéchets reçus et traités sur le site, les biodéchets des ménages, qui comprennent ceux provenant de la restauration et des marchés, constituent la catégorie la plus élevée. Les biodéchets provenant des Grandes et Moyennes Surfaces (GMS) et des Industries Agroalimentaires (IAA) suivent en quantité moindre. Lors du suivi, en période estivale, les quantités collectées de biodéchets des ménages ont diminué de 30%. Cette diminution s'explique par la baisse d'activité de la restauration collective lors de cette période.



Sources biodéchets:

■ IAA ■ GMS ■ Ménages & restauration

Figure 44 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi - Site n°6

3.1.8.3. Consommation d'eau

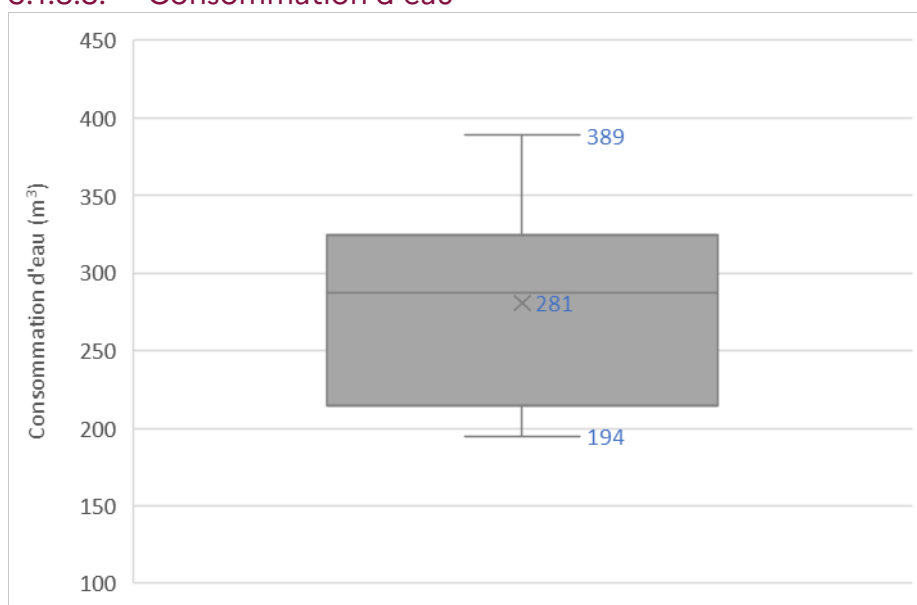


Figure 45 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°6

La consommation d'eau de la ligne de déconditionnement est en moyenne de 280 m³ par mois. L'ajout d'eau est réglé selon la mesure de l'ampérage de la vis du déconditionneur.

3.1.8.4. Consommation électrique

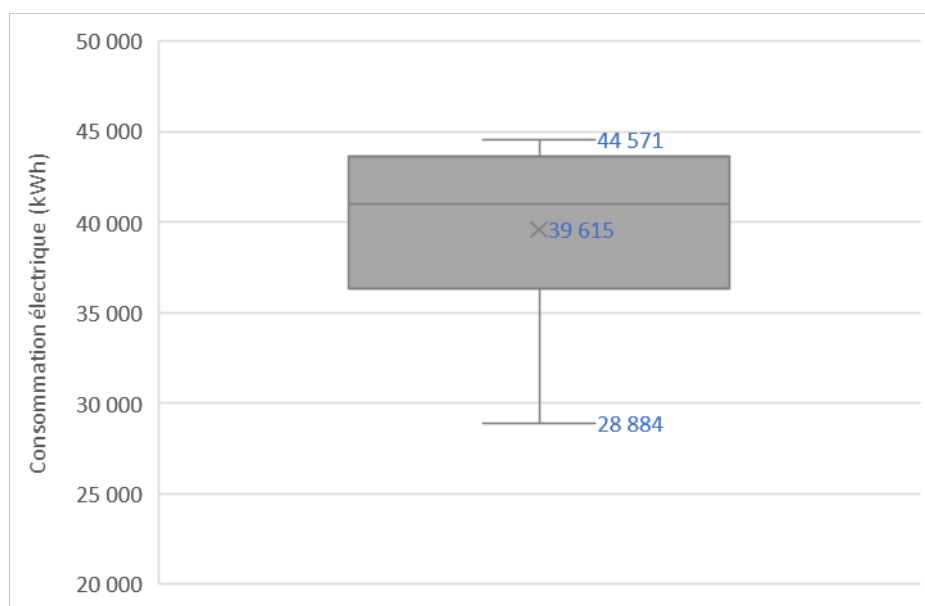


Figure 46 : Consommation moyenne mensuelle d'électricité du site pendant le suivi – Site n°6

La consommation électrique de l'ensemble du site n°6 varie de 28 884 à 44 571 kWh par mois avec une moyenne mensuelle de consommation légèrement inférieure à 40 000 kWh. Il n'existe pas de sous compteur pour avoir la consommation électrique du déconditionneur seul.

3.1.8.5. Durée des tâches et pannes relevées

- Durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement et temps de travail

La durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement est régulière et se situe à 71 heures par semaine. Pendant les jours ouvrables, l'unité fonctionne 13h par jour du lundi au vendredi et la moitié de ce temps le samedi. Le dimanche, il n'y a pas d'activité de déconditionnement. Trois employés à temps plein se relayent. Ils sont sur le site pour le fonctionnement de la ligne de déconditionnement.

- Temps de travail liés à la maintenance et au nettoyage

Le temps de travail dédié à la maintenance de la ligne de déconditionnement est en moyenne de 1 heure par jour et celui consacré au nettoyage de cet équipement est en moyenne de 20 minutes par jour.

- Pannes relevées

Lors des 6 mois de suivi, la ligne de déconditionnement a été à l'arrêt pendant 9 heures à cause d'un problème électrique (1h) et à cause d'une casse au niveau de la vis d'alimentation (8h).

La séparation manuelle des erreurs de tri, majoritairement d'origine des ménages et de la restauration collective, diminue le risque de dysfonctionnement majeurs.

Cependant la grille de séparation est facilement colmatée par des biodéchets riches en matières fibreuses issus de marchés (poireaux, pastèques). De ce fait, de petits arrêts ponctuels mais réguliers sont nécessaires pour limiter ces colmatages.

3.1.9. Site n°7

3.1.9.1. Présentation générale

L'activité principale du site n°7 est la collecte et le déconditionnement de biodéchets emballés provenant d'IAA et de GMS.

La ligne de déconditionnement comprend, un désempaleur composé d'un couteau et d'une presse, puis une unité de déconditionnement de la marque Green Creative, modèle Flexidry v 4.

L'ensemble de la ligne de déconditionnement, utilisant ces deux équipements, s'est adapté à deux types de flux que le site réceptionne et traite :

- Les biodéchets réceptionnés en vrac (hors caisse-palettes), qui représentent 90% du flux, qui passent par le désempaleur, présent sur le site avant le déconditionneur (et non par le déconditionneur Flexidry). Ces biodéchets transportés en benne, sont déchargés directement dans une fosse extérieure au bâtiment comportant la ligne de déconditionnement. Les convoyeurs permettant le cheminement des biodéchets de cette fosse, alimentent uniquement le désempaleur (et pas le Flexidry). Cela permet aux camions de déposer les biodéchets sur le site, de manière fluide et les convoyeurs automatiques permettent d'acheminer les biodéchets de la fosse jusqu'au désempaleur de manière autonome. Les refus du désempaleur, dans lesquels il reste de la matière organique, sont ensuite envoyés vers le déconditionneur Flexidry (en mélange avec les biodéchets des caisse-palettes) pour optimiser la séparation matières organiques - emballages.
- Les biodéchets réceptionnés en caisse-palettes, qui représentent 10% du flux, qui passent par le déconditionneur Flexidry. Comparé au désempaleur, cette ligne ne dispose pas de convoyeurs automatiques ainsi la trémie du déconditionneur doit être alimentée à l'aide d'une chargeuse.

En détail, le désempaleur, positionné en amont de l'équipement de déconditionnement Flexidry, était déjà en place avant la mise en service de ce dernier. Une fosse de réception dédiée, alimente uniquement le désempaleur grâce à des convoyeurs automatiques. Par conséquent, l'exploitant a décidé de le conserver sur le site pour plusieurs raisons, notamment pour éviter le stockage des biodéchets (hors caisse-palettes) et débiter l'activité de déconditionnement dès l'arrivée des biodéchets sur le site.

En effet, selon un des responsables du site, la conservation de cet outil en amont de l'équipement de déconditionnement Flexidry permet non seulement de prendre en charge rapidement les biodéchets, hors caisse-palettes, (grâce au dépotage autonome des camions dans une fosse dédiée, facilitant la logistique des arrivées de biodéchets) mais également d'alléger la charge de l'équipement de déconditionnement principal.

Ainsi, les 90 % du flux sont déchargés dans la fosse et traités de manière autonome grâce aux convoyeurs automatiques présents sur la ligne du désempaleur. Cela permet aux employés de se concentrer sur l'équipement principal, le Flexidry, car les biodéchets arrivant en caisses-palettes (10 % du flux) nécessitent davantage de manipulation de la part du personnel, incluant l'utilisation d'un télescopique pour leur déchargement sur le site et d'une chargeuse pour alimenter la trémie du Flexidry. De plus, les biodéchets passant directement par le Flexidry, contenant des suremballages (cartons volumineux) sont supprimés manuellement par un opérateur.

Les refus provenant du désempaleur sont mélangés au flux des biodéchets réceptionnés en caisse-palettes pour être traités dans l'équipement de déconditionnement Flexidry.

Les pulpes organiques produites par le désempaleur et par le Flexidry sont hygiénisées sur le site et dirigées vers une unité de méthanisation agricole existante à proximité du site.

La figure ci-après présente le synoptique de fonctionnement de la chaîne de traitement des biodéchets emballés du site.

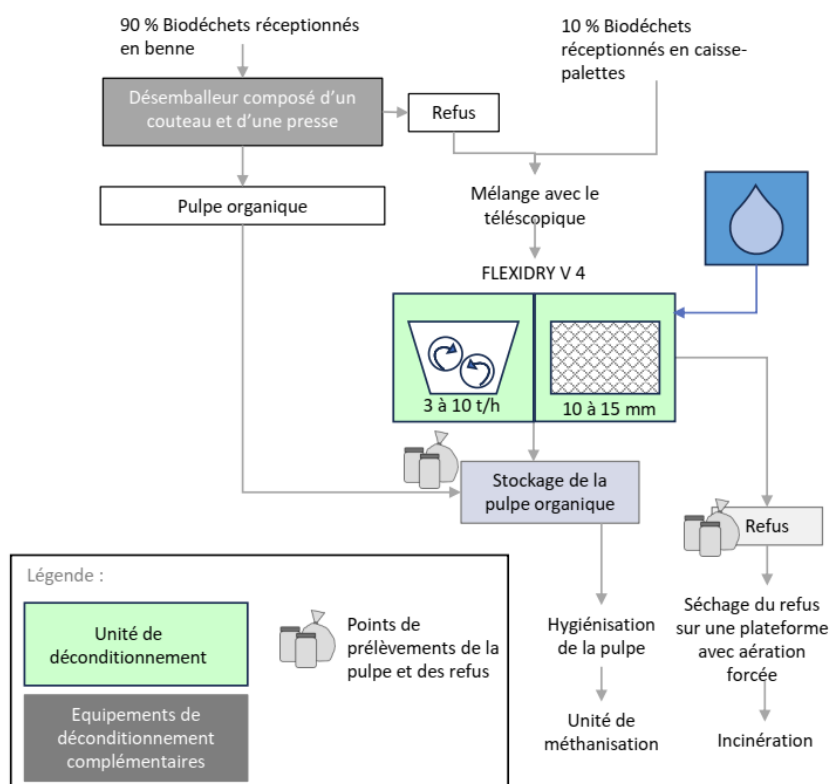


Figure 47 : Synoptique de fonctionnement – Site n°7

Les figures ci-après présentent les photographies des équipements de déconditionnement présents sur le site.



Figure 48 : Désemballeur et Flexidry V4 (de gauche à droite) – Site n°7

Suite au départ du responsable de l'exploitation du déconditionneur, le suivi n'a pu se faire. Il n'y a donc eu que deux mois de suivi. En prenant la quantité totale mensuelle des biodéchets traités comme référence (égale à 100 %), la figure ci-après la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et de refus pendant cette courte période.

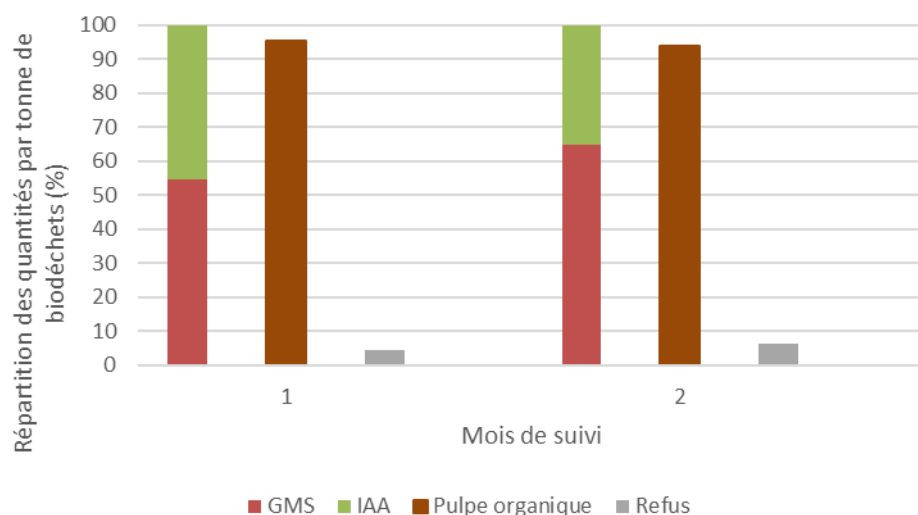


Figure 49 : Répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°7

3.1.9.2. Qualité des biodéchets entrants



Figure 50 : Biodéchets entrants – Site n°7

Les flux entrants traités pendant le suivi sont constitués de biodéchets issus de GMS et de l'IAA.

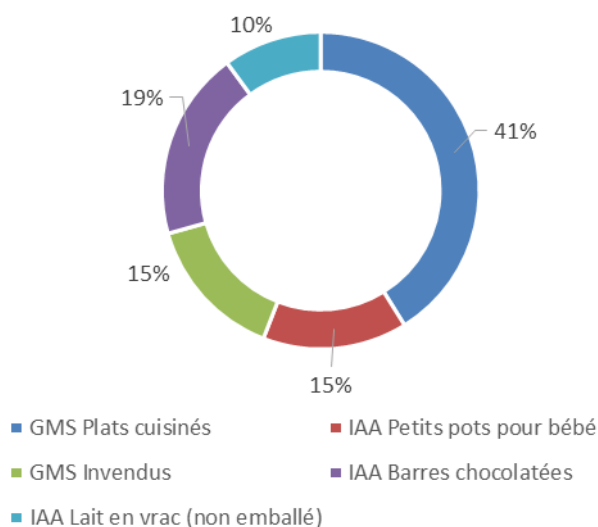


Figure 51 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi - Site n°7

Lors du suivi, la nature et quantités de biodéchets réceptionnés et traités sur le site sont constantes. Les déchets provenant des GMS représentent la catégorie la plus importante de biodéchets traités sur le site. Les flux de biodéchets sont constants, il s'agit d'invendus (GMS), de plats cuisinés (GMS), de lait en vrac (IAA), de petits pots pour bébé (IAA) et de barres chocolatées (IAA).

3.1.9.3. Consommation d'eau

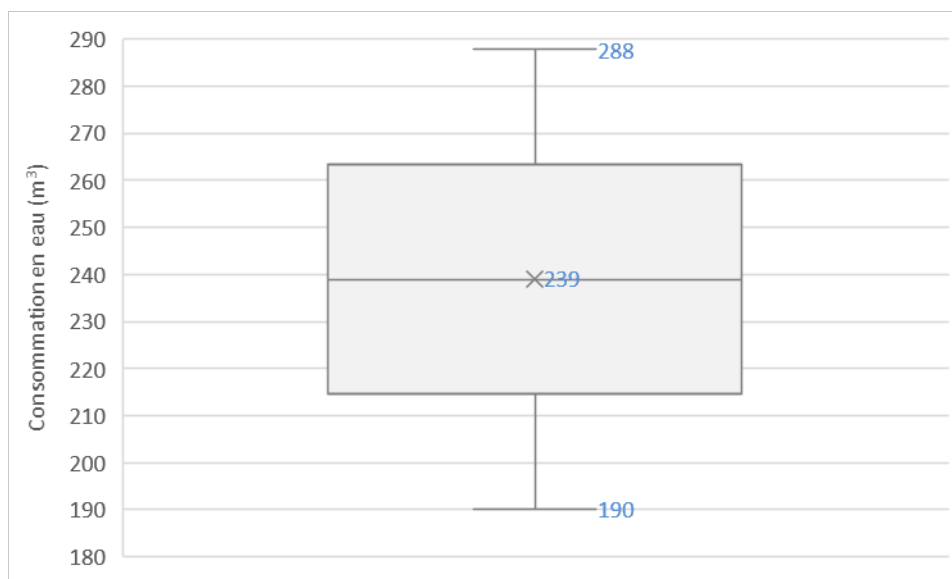


Figure 52 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°7

L'eau est utilisée pour le nettoyage des caisses-palettes et camions dédiés à la collecte des biodéchets, pour le nettoyage du site et la ligne de déconditionnement. La totalité de l'eau utilisée sur le site se retrouve dans la pulpe. La consommation mensuelle d'eau du site varie entre 190 et 288 m³. Cette variation est liée à la nature des flux traités. Le lait réceptionné en vrac est utilisé à la place de l'eau dans l'équipement de déconditionnement. En effet, lors du 1^{er} mois d'essai, environ 87 tonnes de lait en vrac ont été incorporées dans la ligne de déconditionnement. Par contre, pour le second mois du suivi, une augmentation de la consommation d'eau a été relevée, étant donné, l'absence de réception de lait en vrac.

3.1.9.4. Consommation électrique

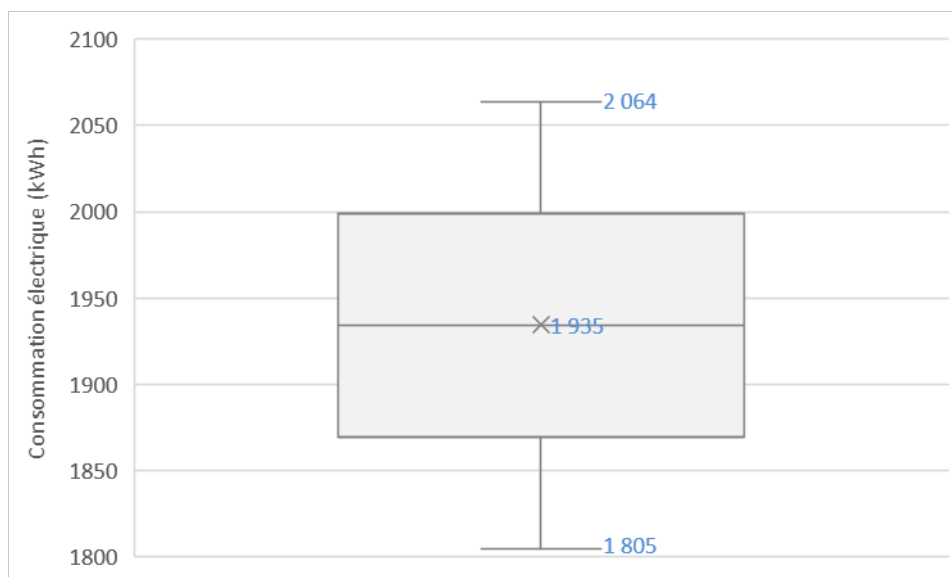


Figure 53 : Consommation moyenne mensuelle en électrique – Site n°7

La consommation électrique du site n°7 varie de 1 805 à 2 064 kWh par mois avec une moyenne de 1 935 kWh. Elle n'est pas exclusive de la consommation du déconditionneur.

3.1.9.5. Durée des tâches et pannes relevées

- Durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement et temps de travail

La durée de fonctionnement de la ligne de déconditionnement est régulière et se situe à 166 heures par mois, soit 7,5 heures par jour. En moyenne, la durée liée à la manutention des caisses-palettes (réception des intrants) est de 35 heures par mois, soit 1,6 heures par jour et la durée liée au déconditionnement manuel (cartons de suremballage) est de 19 heures par mois, soit 52 minutes par jour.

Deux employés à temps plein, se relayent et sont sur le site pour le fonctionnement de la ligne de déconditionnement.

- Temps de travail liés à la maintenance et au nettoyage

Le temps de travail dédié à la maintenance de la ligne de déconditionnement est en moyenne de 19 heures par mois, soit 52 minutes par jour.

Le temps de travail dédié au nettoyage de l'équipement de déconditionnement du site est en moyenne de 96 heures par mois, soit 1,6 heures par jour.

- Pannes relevées

Lors des 2 mois de suivi, la ligne de déconditionnement n'a subi aucun dysfonctionnement. Cependant, des pannes électriques sur le site ont duré 39 heures au total.

3.2. Bilan d'exploitation des sites

Les données présentées dans cette partie ont été calculées à partir des résultats relevés par les exploitants des 7 sites volontaires lors de l'étude. Une moyenne par site a été calculée pour chacun des paramètres liés à l'exploitation des sites.

Les cellules grisées du tableau représentent soit une absence de données, soit des données liées à une mise en service de la ligne de déconditionnement. Ainsi, ces données ne seraient pas pertinentes au regard des ratios calculés et dans la lecture du tableau.

		Site n°1	Site n°2	Site n°3	Site n°4	Site n°5	Site n°6	Site n°7
Consommation électrique	kWh/t entrantes	9.81*		3.65	11.80*	2.67	32.21*	1.93
Consommation en eau	m³/t entrantes	0.08		0.58	2.13	0.25	0.23	0.24
Personnel dédié	ETP/kt traités.mois	1.1	1.6	3.9	1.7	4.2	3.3	2.0
Quantités de refus	t/t entrantes	0.10		0.07	0.18	0.09	0.11	0.04
Distance de provenance des entrants	km/t	1.63			0.08	0.33		

* ratio calculé avec la consommation électrique de l'ensemble du site

Tableau 6 : Données des 7 sites volontaires liées à l'exploitation

En général, les 3 sites ayant d'autres activités que l'unité de déconditionnement sur le même site, le ratio de consommation en électricité par rapport à la tonne traitée dans le déconditionneur est très élevé car il n'existe pas de sous compteurs pour apprécier la consommation uniquement de la chaîne de déconditionnement. Pour les autres sites, la consommation varie entre 2 et 4 kWh par tonne de biodéchets traités.

D'après les valeurs de cette étude, un ajout d'eau est systématiquement effectué lors du processus de déconditionnement, entre 0,1 et 2,1 m³ par tonne de matière traitée. L'eau peut être remplacée par une recirculation du digestat (si le site dispose d'une unité de méthanisation) ou une introduction de biodéchets liquides. Pour la consommation en eau du site n°4, les biodéchets réceptionnés lors du suivi ont demandé une utilisation d'une quantité importante d'eau dans le processus de déconditionnement. De ce fait, le ratio est en moyenne 10 fois supérieur aux autres sites.

Lorsqu'il y a multi-activités sur le site ou des opérations de déconditionnements manuels (dépalettisation, vidage manuel de contenants) avant déconditionnement, le besoin en personnel sur site est plus élevé. Ce rapport diminue si le tonnage passant sur site est très important.

Le taux de refus représente en moyenne près de 10 % du tonnage entrant. La variation dépend vraiment du type de biodéchets emballés réceptionnés et non de son origine et de la qualité du déconditionnement (présence d'équipements complémentaires générant des refus supplémentaires).

La distance de provenance des biodéchets entrants n'est pas un critère généralement suivi, surtout s'ils sont apportés par des transporteurs extérieurs. Le contexte territorial peut jouer de manière significative sur ce critère.

Enfin, il n'y a pas de corrélation entre sites sur leurs performances (taux d'épuration, taux de captation) en raison de la grande variabilité des biodéchets réceptionnés en termes de nature, origine et type de conditionnement.

4. Résultats analytiques

Pour estimer les taux d'épuration des indésirables et analyser la qualité de la pulpe et des refus, les 7 sites volontaires ont procédé à des prélèvements d'échantillons sur 5 jours consécutifs. Les échantillons à analyser portaient sur la pulpe organique et les refus.

En tout, 90 échantillons ont été prélevés sur les 7 sites. Ainsi, 35 échantillons de pulpe organique et 55 échantillons de refus ont été analysés par un laboratoire agréé.

Dans ce chapitre, les taux de captation de la matière organique et d'épuration des indésirables ainsi que la qualité de la pulpe organique et des refus seront présentés.

4.1. Performances des installations

La performance des installations est évaluée à partir de deux indicateurs : le taux de captation de la matière organique d'une part, et le taux d'épuration des indésirables d'autre part. La méthodologie de calcul de ces deux indicateurs est présentée au chapitre 2.4.5.

4.1.1. Taux de captation de la matière organique

La figure 54 ci-dessous illustre le taux de captation moyen pour chaque site sur la période de cinq jours d'analyses. À noter que, pour des raisons de confidentialité, l'ordre des résultats affichés ne correspond pas à celui des sites mentionnés dans le chapitre 3.1 du rapport.

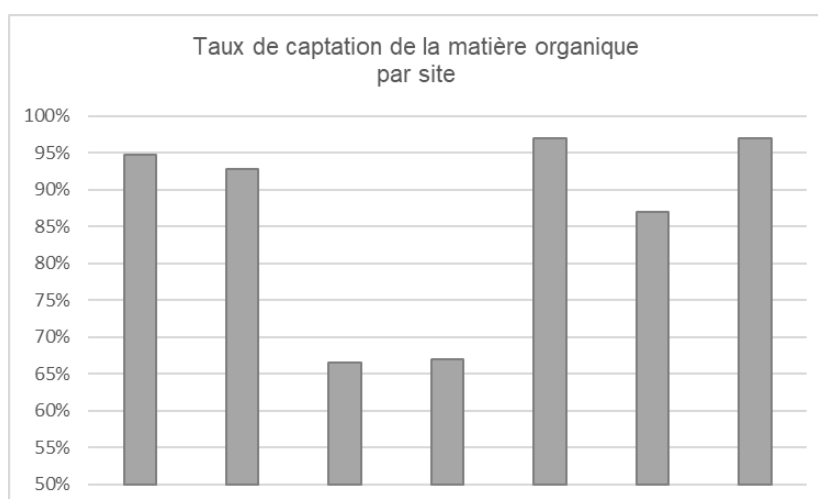


Figure 54 : Estimation des taux de captation de la matière organique

Quatre sites présentent des taux de captation de la matière organique supérieurs à 90% (entre 92 et 97%). La performance de ces installations quant à la séparation de la matière organique de leurs emballages est bonne et conforme aux prescriptions des équipementiers.

Un site présente un taux de captation compris entre 85 et 90%. Cet équipement, dont l'exploitation démarrait en même temps que la phase d'analyse, était en cours de montée en charge et de réglage. L'objectif attendu est un taux de captation de la matière organique supérieur à 90%.

Les taux de captation présentant des valeurs inférieures à 70 % sont issus de deux sites présentant des lignes de déconditionnement disposant pourtant d'équipements complémentaires. Ces taux ne peuvent, cependant, pas être corrélés aux équipements complémentaires car ces deux sites ne possèdent pas les mêmes types d'équipement. De même, il n'est pas possible de tirer des conclusions par rapport à la nature des biodéchets. En effet, ces deux sites recevant majoritairement des biodéchets issus des industries agro-alimentaires et des GMS.

Ainsi, à l'exception des deux derniers sites mentionnés précédemment, la performance des équipements en termes de captation de la matière organique est globalement satisfaisante.

4.1.2. Taux d'épuration des indésirables

Le graphique ci-après présente les taux d'épuration des indésirables établis sur la base des résultats d'analyses des flux sortants estimés lors des essais (5 analyses par site). Les formules employées ont été présentées au chapitre 2.4.5 dédiés aux indicateurs de performance utilisés.

À noter que, pour des raisons de confidentialité, l'ordre des résultats affichés ne correspond pas à celui des sites mentionnés dans le chapitre 3.1 du rapport.

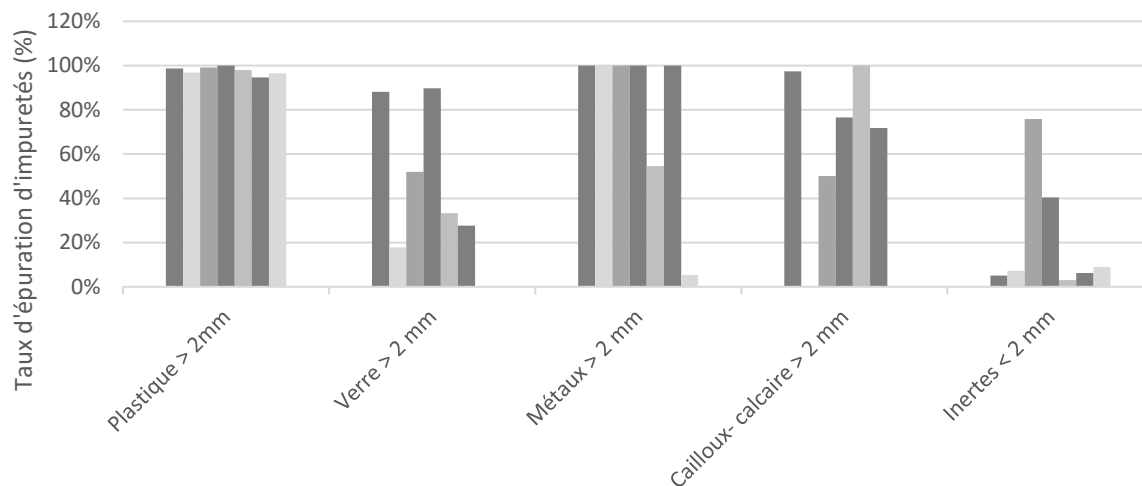


Figure 55 : Estimation des taux d'épuration des indésirables dans les pulpes

- Pour les plastiques :

Pour tous les sites, les taux d'épuration des plastiques supérieurs à 2 mm, sont supérieurs à 95%. Ainsi, dans les pulpes, il n'y a plus d'impact visuel. Il serait intéressant d'effectuer des analyses complémentaires sur les plastiques inférieurs à 2 mm (voir microplastiques) pour identifier l'impact de l'action « d'éclatement » des emballages lors du passage dans le déconditionneur. Une étude réalisée par l'ADEME en 2024 (microplastiques présents dans les produits résiduels organiques, octobre 2024⁵) montre que la quantité de microplastiques présents dans les digestats de biodéchets est significative et largement supérieurs pour des intrants ayant subi un déconditionnement mécanique par rapport à ceux dont les intrants n'ont pas subi de déconditionnement. Il est donc important d'identifier les meilleures techniques disponibles pour limiter les concentrations de microplastiques résiduels dans les pulpes.

- Pour le verre :

Seuls six sites sont représentés sur le graphique. En effet, pour le site non représenté, aucun biodéchets réceptionné n'était dans un emballage en verre durant la période de mesures et d'analyses, rendant le calcul du taux de captation impossible.

Pour quatre sites, le taux d'épuration est faible, avec des résidus de verre retrouvés dans les pulpes et les refus. À noter que, pour le site avec le taux d'épuration le plus bas, cette valeur résulte d'une seule analyse sur les cinq réalisées. Les biodéchets reçus sur ce site durant la période de mesures n'étaient pas dans des emballages en verre, suggérant que la présence de verre résulte probablement d'une erreur de tri dans les DCT réceptionnés.

Pour les trois autres sites, les apports de ménages et de la restauration dans le flux à traiter sont significatifs. Des erreurs de tri dans les DCT peuvent expliquer la présence de verre. Les fractions fines de verre ne sont pas arrêtées par les grilles en sortie de déconditionneur et ces sites ne disposent pas de systèmes de post-traitement tels que centrifugeuse ou surfiltration, contrairement aux deux derniers sites dont les taux d'épuration pour le verre atteignent ou approchent les 90%.

⁵ <https://librairie.ademe.fr/economie-circulaire-et-dechets/7683-microplastiques-presents-dans-les-produits-residuels-organiques.html>

- Pour les métaux :

De manière générale, cinq des sites présentent des taux de captation des métaux très élevés.

Pour le site affichant un taux de captation de 5%, ce résultat est basé sur seulement deux des cinq analyses effectuées (les trois autres analyses n'ont pas détecté de métaux ni dans les échantillons de pulpe, ni dans les refus). Dans ces deux cas, des éléments métalliques de taille supérieure à 5 mm ont été retrouvés uniquement dans la pulpe et pas dans les refus. Cela peut être dû au passage accidentel d'éléments métalliques à travers le déconditionneur en raison d'une erreur de tri.

- Pour les cailloux – calcaires :

Sur un des sept sites, il n'a pas été possible d'estimer le taux d'épuration pour les cailloux-calcaire > 2 mm en raison de l'absence de détection de ces éléments dans les échantillons analysés de pulpe et de refus. Sur un autre site, un seul échantillon a montré une faible quantité de cailloux-calcaire > 2 mm dans la pulpe, ce qui a engendré un taux d'épuration de 0%. Cependant, pour les quatre autres jours, le seuil de détection de ces matières n'a jamais été dépassé.

Les deux sites présentant des taux d'épuration proches de 100% reçoivent des intrants directement dans une trémie d'alimentation du déconditionneur, sans reprise des matières par un engin tel qu'un chargeur, réduisant ainsi la probabilité d'apporter de petits éléments comme des cailloux-calcaire. La présence de cailloux-calcaire dans les pulpes organiques peut également être due à des coquilles d'œuf, d'huîtres ou de moules retrouvées dans les DCT.

Il est à noter que, pour ce paramètre, les résultats de 15 échantillons sur 35 étaient en dessous des seuils de détection.

- Pour les inertes < 2 mm :

Concernant la fraction des inertes inférieurs à 2 mm, cette catégorie inclut toutes les particules dont la taille est inférieure à 2 mm, englobant les fines poussières ainsi que les éléments plus grossiers mais inférieurs à 1 mm. Le seuil de détection de l'analyse effectuée au laboratoire est établi à 0,1%.

Un site affiche un taux d'épuration de 76% pour les inertes inférieurs à 2 mm, un chiffre nettement supérieur à la moyenne de 21% observée sur l'ensemble des sites. Cela indique une efficacité nettement supérieure dans l'élimination des particules fines. L'utilisation d'équipements complémentaires pour le traitement de la pulpe organique, comme le stockage avec sédimentation et l'emploi de presses, joue un rôle crucial dans l'amélioration du taux d'épuration pour cette catégorie. Les techniques utilisées par ce site montrent l'importance d'une combinaison de méthodes pour atteindre des taux d'épuration élevés pour les inertes inférieurs à 2 mm. Un second site affiche un taux d'épuration de 40% pour cette catégorie d'inertes. Les techniques utilisées par cet autre site incluent la sédimentation (employée également sur le site possédant un taux de 76%), qui permet de laisser les particules plus lourdes se déposer au fond, et la surfiltration, qui consiste à passer les suspensions à travers des filtres de plus en plus fins pour éliminer les particules restantes.

Il apparaît que les sites dotés de traitements complémentaires tels que la sédimentation et la surfiltration sont plus efficaces pour éliminer les indésirables inférieurs à 2 mm.

4.1.3. Analyse des indésirables dans les deux types de refus produits par les équipements principaux associés aux équipements complémentaires

Les graphiques ci-après présentent les taux d'indésirables dans les deux types de refus produits par les sites équipés d'équipements complémentaires en aval de l'équipement principal. Ces résultats d'analyse mettent en évidence les performances des unités de déconditionnement principales et des équipements complémentaires. Les paramètres analysés incluent :

- **Les plastiques** : les films et PSE > 5mm, autres plastiques > 5 mm (mi-lourds), les synthétiques de 2 à 5 mm,
- **Le verre** : les verres compris entre 2 et 5 mm et les verres > 5mm,
- **Les métaux** : les métaux compris entre 2 et 5 mm et les métaux > 5 mm,

- **Les cailloux-calcaire** : les cailloux-calcaire compris entre 2 et 5 mm et les cailloux-calcaire > 5 mm,
- **La fraction < 2 mm** : l'ensemble des fractions en dessous de 2 mm, des plus fines poussières aux éléments plus grossiers mais inférieurs à 1 mm.

Le tableau ci-après présente les équipements de déconditionnement présents sur les sites.

Installation	Equipement de déconditionnement
Site n°1	SMICON SMIMO 120 + séparateur aéraulique puis presse (refus 1) et centrifugation (refus 2)
Site n°3	2 TIGER Depack + presses (refus 2)
Site n°4	MAVITEC + sédimentation puis surfiltration (refus 2)
Site n°5	FLEXIBOOST + seconde filtration (FLEXIPURE)

Tableau 7 : Les équipements de déconditionnement

Les différents graphiques ci-dessous illustrent les taux d'indésirables des refus 1 (en sortie du déconditionneur) et des refus 2 (en sortie d'un équipement complémentaire de traitement) par installation. En parallèle, les écart-types de la moyenne par type d'indésirables ont été calculés et sont également présentés dans ce graphique.

Pour tous les graphes, les écarts-types calculés montrent une dispersion importante, ce qui s'explique par l'hétérogénéité des biodéchets emballés traités par l'ensemble des sites durant la période de suivi analytique.

- **Pour les plastiques :**

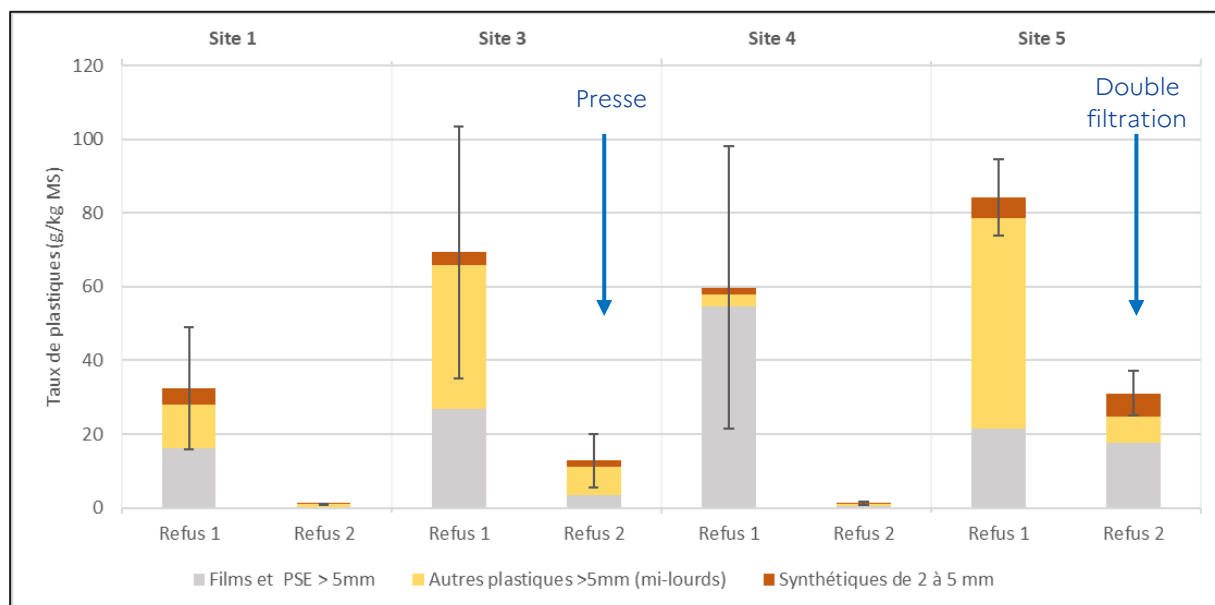


Figure 56 : Estimation des taux d'épuration des plastiques dans les refus

Les équipements de déconditionnement principaux effectuent la majeure partie de la séparation de ce type d'indésirables. Les équipements complémentaires, utilisant la presse et la double filtration (Flexiboost-Flexipure) permettent d'affiner la qualité de la pulpe en optimisant le traitement de séparation des plastiques.

- Pour les métaux :

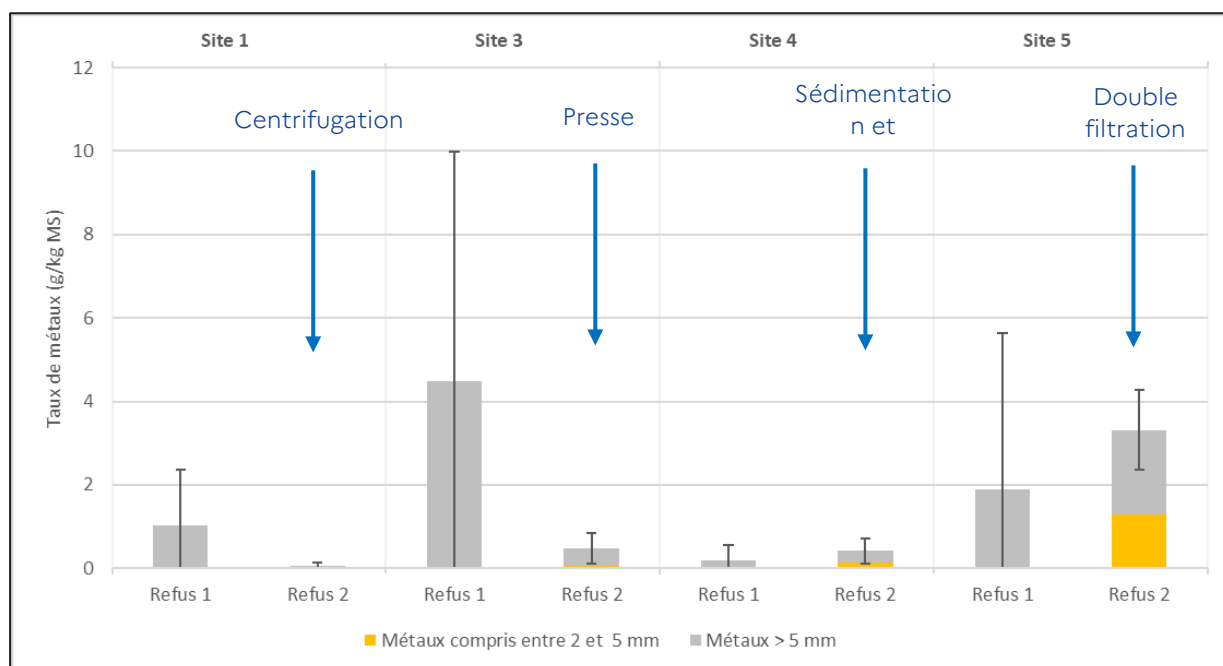


Figure 57 : Estimation des taux d'épuration des métaux dans les refus

Les équipements de déconditionnement principaux des sites 1 et 3 sont plus efficaces pour la séparation des métaux. Toutefois, les équipements secondaires des sites 4 et 5, utilisant la sédimentation, la surfiltration et la double filtration, contribuent également à cette tâche.

- Pour le verre :

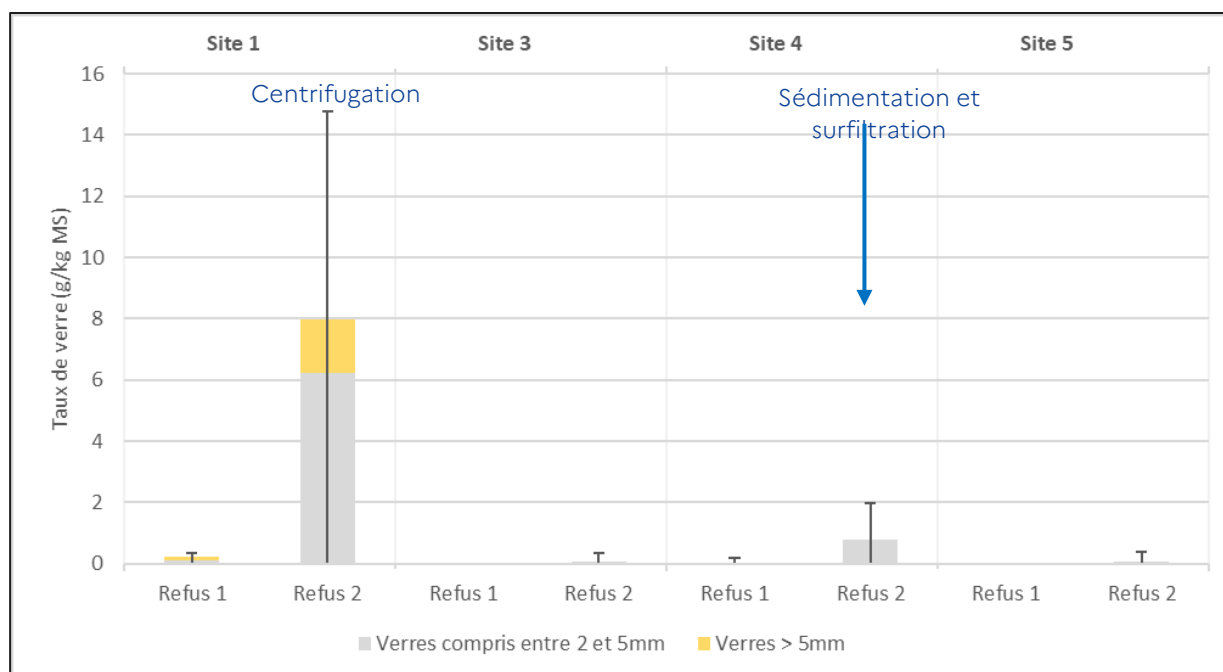


Figure 58 : Estimation des taux d'épuration du verre dans les refus

La centrifugation sépare le verre non écarté par l'équipement principal. La sédimentation et la surfiltration permettent également d'éliminer, une partie des indésirables de cette catégorie de la pulpe.

- Pour les cailloux - calcaires :

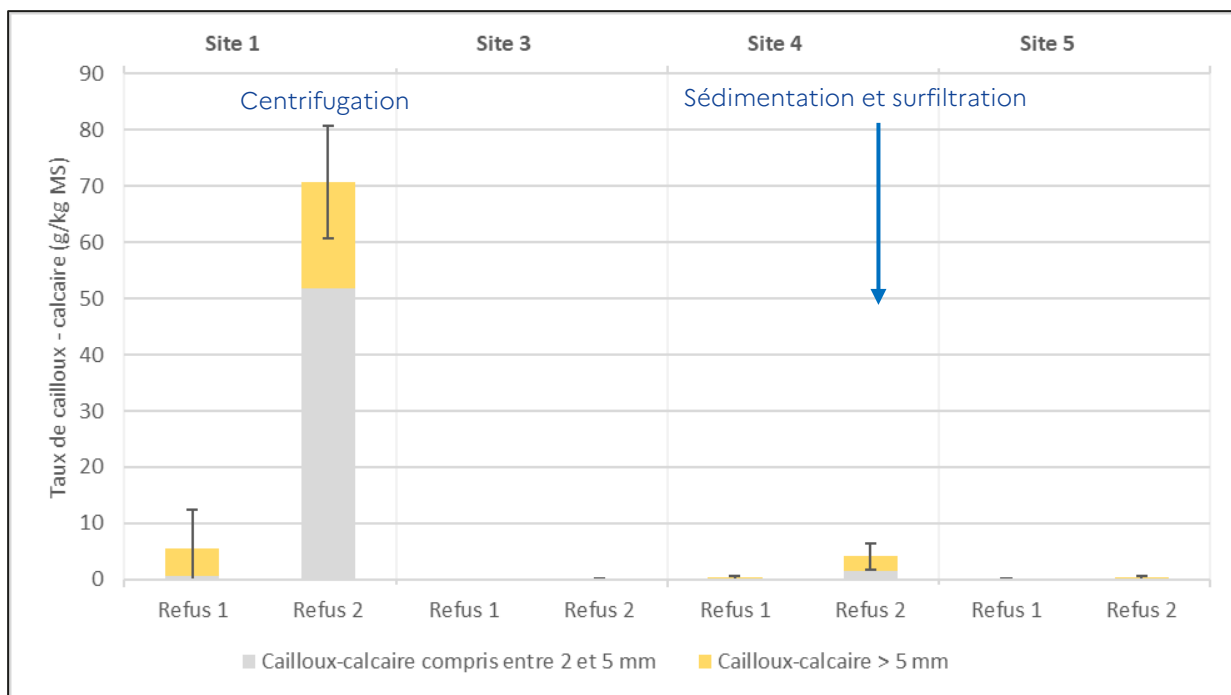


Figure 59 : Estimation des taux d'épuration du cailloux – calcaire dans les refus

Comme pour le verre, la centrifugation permet de séparer les éléments lourds de la pulpe. La sédimentation et la surfiltration permettent d'affiner également la qualité de la pulpe des indésirables cailloux – calcaires.

- Pour la fraction < 2 mm :

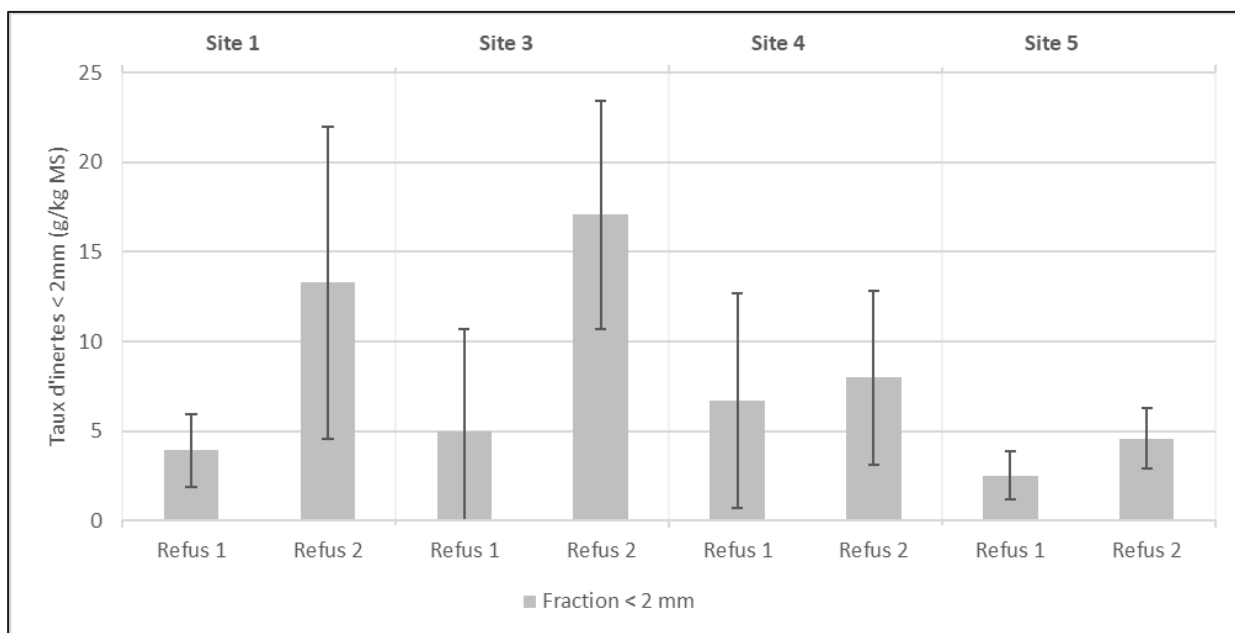


Figure 60 : Estimation des taux d'épuration de la fraction < 2 mm dans les refus

Pour cette fraction, l'analyse n'a pas permis d'avoir la proportion entre les différents types d'indésirables. Tous les équipements complémentaires sur les 4 sites contribuent à améliorer la séparation des fractions fines.

4.2. Qualité de la pulpe organique

4.2.1. Valeurs agronomiques

Les valeurs agronomiques portent sur 35 échantillons de pulpe organique prélevés sur l'ensemble des sept sites volontaires.

Le tableau ci-après reprend, à titre indicatif, les valeurs fertilisantes moyennes des pulpes organiques.

		Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale
MS	%	16	13	24
MONS sur sec	%	92	90	94
Potassium (K)	mg/kg MS	7954	5220	11400
Potassium (calc. K ₂ O)	mg/kg MS	9640	6300	14000
Phosphore (P)	mg/kg MS	4106	3300	5660
Phosphore (P ₂ O ₅)	mg/kg MS	9394	7640	12860
Sodium (Na)	mg/kg MB	1415	724	2204
Azote total	% masse MS	3	3	4
Ammonium (NH ₄)	mg/kg MB	399	299	541
Azote ammoniacal (NH ₄ -N)	mg/kg MB	310	234	418

Tableau 8 : Valeurs agronomiques moyennes de la pulpe organique

Les pulpes organiques des sept sites volontaires ont une variabilité au niveau de leur composition pour chaque élément, liée à la nature des biodéchets réceptionnés.

Connaître les teneurs en nutriments (azote, phosphore et potassium) est intéressant pour évaluer le pouvoir fertilisant du digestat de méthanisation produit si la pulpe organique est traitée par méthanisation ou du compost produit si la pulpe organique est traitée par compostage.

La teneur en nutriments de la pulpe organique, notamment en azote, est influencée par la composition des biodéchets déconditionnés. **Ainsi, plus la contribution de biodéchets de ménages, de restauration ou de marchés est élevée, plus la teneur en azote est importante.**

La teneur en azote est plus élevée avec une plus grande contribution de ces types de biodéchets pour les raisons suivantes :

- **Restes de viandes et de protéines** : Ces biodéchets incluent souvent des restes de viande, de poisson et d'autres sources de protéines, qui sont riches en azote.
- **Fruits et légumes** : Les biodéchets des marchés contiennent des fruits et légumes, qui, bien que principalement constitués de glucides, renferment également des protéines végétales contenant de l'azote.
- **Décomposition des protéines** : Au cours de la décomposition, les protéines se dégradent en acides aminés, puis en ammoniac, une source importante d'azote.
- **Concentration des nutriments** : Les biodéchets de la restauration et des ménages sont généralement plus concentrés en nutriments par rapport à d'autres types de déchets organiques, ce qui augmente la teneur en azote de la pulpe organique.

4.2.2. Inertes et impuretés

Malgré l'efficacité des déconditionneurs et des équipements complémentaires dans la séparation des matières non organiques de la pulpe, il reste une part non négligeable d'indésirables qui peuvent altérer la qualité de la pulpe.

Le graphique ci-après présente les taux d'inertes et d'impuretés sur la base des résultats d'analyses de la pulpe organique des 7 sites volontaires. En tout, 35 échantillons de pulpe organique ont été prélevés sur l'ensemble des sept sites volontaires.

Ainsi, le graphique ci-après présente 35 résultats de taux de plastique > 2 mm, 35 résultats de taux de métaux > 2 mm et 35 résultats de taux de verre > 2 mm. Les résultats des taux de plastique + verre + métaux > 2 mm ont été calculés en additionnant les taux d'inertes et d'impuretés mesurés pour chaque site. La couleur de l'histogramme est identique pour chaque type d'inerte ou d'impureté, indiquant qu'ils proviennent du même échantillon.

L'ensemble des résultats ont été comparés aux valeurs seuils (représentées par des lignes pointillées sur le graphique ci-après) de la rubrique ICPE 2783 et du projet de réglementation du socle commun.

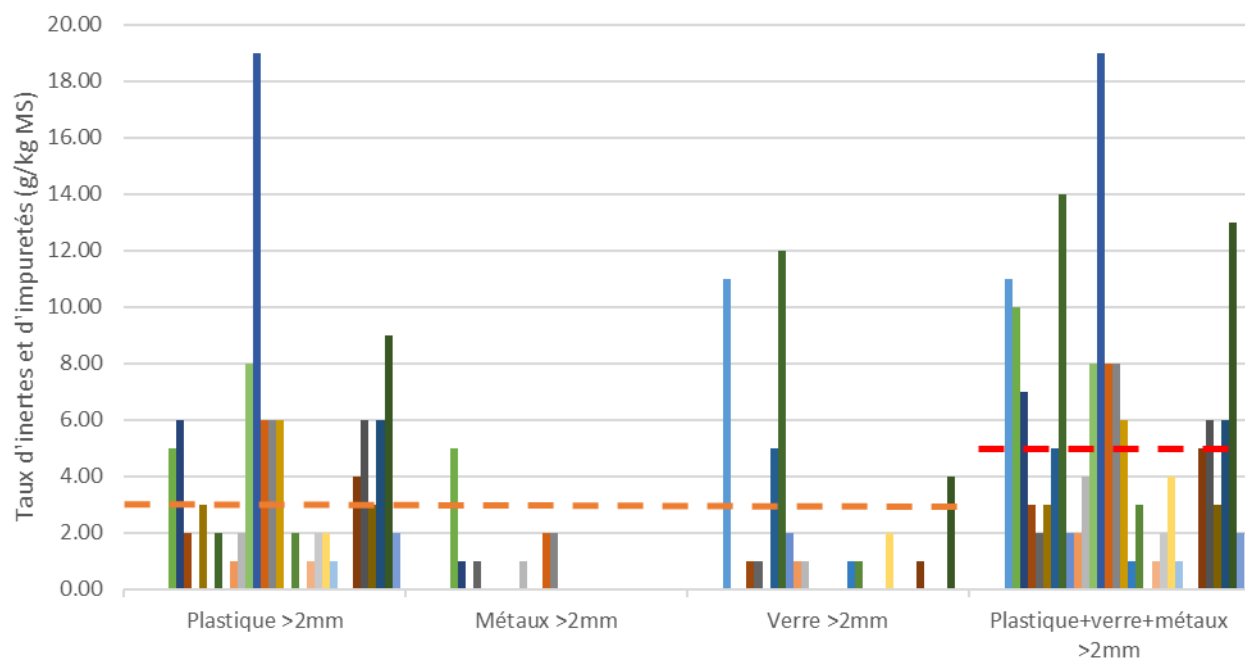


Figure 61 : Taux d'inertes et d'impuretés dans les pulpes organiques

Sur les 7 sites volontaires, pour la totalité de ses échantillons, **un seul site présente des valeurs conformes à la réglementation ICPE et du projet du socle commun pour l'ensemble des catégories d'exigences liées aux inertes et impuretés > 2mm.**

Pour les plastiques > 2 mm, 69 % des échantillons sont conformes à la rubrique ICPE 2783 et au projet du socle commun. Ainsi, onze échantillons de pulpe organique sur 35 présentent une valeur supérieure à la valeur seuil de la rubrique 2783 et du projet du socle commun qui est de 3 g/kg. Ces résultats observés peuvent être liés à la nature conditionnée des biodéchets et plus particulièrement au mélange de biodéchets traités, à des équipements trop anciens ou à un process inapproprié (réglages incorrects des équipements, comme la vitesse ou la pression d'introduction) en amont de l'équipement principal créant une matière difficile à traiter par l'unité de déconditionnement.

Pour les métaux > 2 mm, 97 % des échantillons sont conformes à la rubrique ICPE 2783 et au projet du socle commun. Ainsi, un seul échantillon de pulpe organique sur 35 présente une valeur supérieure à la valeur seuil de la rubrique 2783 et du projet du socle commun qui est de 3 g/kg. Ce dépassement a été observé un jour où le taux de captation des métaux était faible (< 25%).

Le fait que ce dépassement ait été observé un jour où le taux de captation était faible pourrait suggérer une relation entre les deux facteurs. Cependant, il n'y a pas de corrélation directe car, même avec un taux de captation des métaux faible, d'autres échantillons n'ont pas montré de dépassement du seuil réglementaire. Cela indique que d'autres variables (à titre d'exemples, la qualité du tri en amont, la présence de contaminants résiduels) peuvent influencer la présence de métaux dans la pulpe organique, et qu'un faible taux de captation n'entraîne pas systématiquement un dépassement des seuils réglementaires.

Pour le verre > 2 mm, 89 % des échantillons sont conformes à la rubrique ICPE 2783 et au projet du socle commun. Ainsi, quatre échantillons de pulpe organique sur 35 présentent une valeur supérieure à la valeur seuil de la rubrique 2783 et du projet du socle commun qui est de 3 g/kg.

Pour les plastiques + métaux + verres > 2mm, 66 % des échantillons sont conformes à la rubrique ICPE 2783 et du projet du socle commun. Ainsi, douze échantillons de pulpe organique sur 35 présentent une valeur supérieure à la valeur seuil de la rubrique 2783 et du projet du socle commun qui est de 5 g/kg principalement liés aux taux de plastiques et de verre.

Enfin, même si pour les indésirables < 2 mm il n'y a pas de seuil, il est important de noter que les résultats d'analyses effectués sur les 35 échantillons de pulpe montrent que leurs taux varient en moyenne par site, entre 110 et 170 g/kg de MS. Même si cette fraction peut être en partie composée par de fragments de coquilles calcaires, elle peut être également composée d'éléments fins de plastiques ou de verre, non souhaitable dans un retour au sol de la matière organique. Il est donc important de réfléchir quant à l'amélioration des pratiques et des équipements pour réduire au maximum ces quantités non négligeables qui risquent in fine de se retrouver dans les sols.

4.2.1. Eléments traces métalliques, composés traces organiques et PCB

Les valeurs moyennes des éléments traces métalliques, composés traces organiques et PCB présentées ci-après portent sur 35 échantillons de pulpe organique.

Il est intéressant de comparer les résultats des éléments traces métalliques et des composés traces organiques (HAP) aux valeurs limites de la Norme NFU 44-051 et du projet du socle commun. Les PCB ne sont pas concernés par la Norme NFU 44-051.

Les tableaux ci-après reprennent les valeurs moyennes, minimales et maximales portant sur les éléments traces métalliques, composés traces organiques et PCB des pulpes organiques accompagnées des valeurs seuils de la Norme NFU 44-051 et du projet du socle commun.

		Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur limite (mg/kg de MS) NFU 44-051	Valeur limite (mg/kg de MS) Projet Socle commun
Mercuré (Hg)	mg/kg MS	<0,03	<0,03	<0,03	2	1
Bore (B)	mg/kg MS	10	7	14		
Arsenic (As)	mg/kg MS	1	<0,03	2	18	40
Plomb (Pb)	mg/kg MS	2	<0,03	4	180	120
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	<0,02	<0,02	<0,02	3	2
Chrome (Cr)	mg/kg MS	3	2	6	120	
Cobalt (Co)	mg/kg MS	<0,03	<0,03	1		
Fer (Fe)	mg/kg MS	536	265	925		
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	16	6	38	300	300
Manganèse (Mn)	mg/kg MS	26	13	55		
Molybdène (Mo)	mg/kg MS	1	<0,03	1		
Nickel (Ni)	mg/kg MS	2	<0,77	3	60	50
Sélénium (Se)	mg/kg MS	1	<0,03	2	12	
Zinc (Zn)	mg/kg MS	54	26	86	600	800
Étain (Sn)	mg/kg MS	16	<1,28	93		

Tableau 9 : Valeurs moyennes des éléments traces métalliques

		Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur limite (mg/kg de MS) NFU 44-051 et Projet Socle commun
Floranthène	mg/kg MS	<0,10	<0,10	0.2	4

Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	2.5
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	1.5

Tableau 10 : Valeurs moyennes des composés traces organiques (HAP)

		Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur limite (mg/kg de MS) Socle commun
PCB n°28	mg/kg MS	<0,01	<0,01	<0,01	
PCB n°52	mg/kg MS	0.3	<0,01	2.2	
PCB n°101	mg/kg MS	<0,01	<0,01	0.1	
PCB n°118	mg/kg MS	0.1	<0,01	0.5	
PCB n°153	mg/kg MS	<0,01	<0,01	<0,01	
PCB n°138	mg/kg MS	0.1	<0,01	1.0	
PCB n°180	mg/kg MS	<0,01	<0,01	0.1	
Somme des 6 ⁶	mg/kg MS	0.5	<0,01	3.4	0.8
Somme des 7	mg/kg MS	0.6	<0,01	3.9	

Tableau 11 : Valeurs moyennes des polychlorobiphényles (PCB)

Les résultats liés aux éléments traces métalliques et composés traces organiques portant sur les échantillons de pulpe organique des 7 sites volontaires présentent des résultats conformes aux valeurs seuils de la norme NFU-44051.

En parallèle, les résultats liés aux éléments traces organiques portant sur les échantillons de pulpe organique présentent des résultats conformes aux valeurs seuils du projet du socle commun.

Pour les résultats portant sur les PCB, un seul site présente deux valeurs (sur deux échantillons) supérieures à la valeur seuil portant sur la somme des 6 congénères PCB 28, 52, 101, 138, 153 et 180 du projet du socle commun. La valeur maximale de 3,4 mg/kg MS est élevée, sachant que la valeur limite du projet du socle commun est fixée à 0.8 mg/kg MS pour la somme des 6 PCB. L'origine de cette valeur non conforme n'a cependant pas été identifiée.

4.3. Qualité des refus

4.3.1. Pouvoir calorifique

Il est intéressant d'étudier la possibilité de valoriser les refus dans d'autres filières que celles de l'enfouissement ou de l'incinération.

Pour rappel sur les combustibles solides de récupération (CSR), l'ADEME précise, dans une étude⁷, notamment que :

« À partir de déchets non dangereux solides, et après extraction de la fraction recyclable, les CSR sont préparés de façon à permettre une valorisation énergétique performante en chaleur et/ou en électricité, en substitution d'énergie fossile. Ils sont stockables et se caractérisent par un potentiel énergétique

⁶ La somme des 6 congénères PCB 28, 52, 101, 138, 153 et 180

⁷ Source : Elaboration d'un modèle économique global de production et valorisation de CSR – Etude réalisée pour le compte de l'ADEME – Juin 2015

relativement élevé (mesuré par le Pouvoir calorifique inférieur (PCI)). La teneur en polluants (halogénés, métaux lourds...), en humidité et leur granulométrie doivent être compatibles avec les procédés de valorisation énergétique, de traitement des fumées et avec les exigences réglementaires sur le devenir des cendres.

Les CSR peuvent être rangés en deux catégories en fonction de la provenance des déchets. Ils sont issus des refus de tri des déchets des activités économiques, des collectes sélectives des emballages, des encombrants de déchèteries (déchets secs et riches en résidus de plastiques, bois, papier... non recyclables dans les conditions actuelles). On distingue :

- les CSR de haute qualité (ou qualité cimentière) (PCI sur brut > 18 MJ/kg et teneur en chlore < 0,5 %), principalement utilisés en cimenteries en France ;
- et les CSR de bonne qualité (PCI sur brut entre 12 et 18 MJ chlore < 1,5 %) qui seront destinés à des chaudières dédiées aux CSR.»

Le tableau ci-après présente les valeurs moyennes des PCI des refus 1 (éléments plus grossiers) et 2 (éléments plus fins) des 7 sites volontaires.

		Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale
		Refus 1			Refus 2		
Pouvoir calorifique supérieur sur brut	MJ /kg	12	5	15	6	4	8
Pouvoir calorifique supérieur sur sec	MJ /kg	27	19	35	17	5	23
Pouvoir calorifique inférieur sur brut	MJ /kg	10	3	13	5	4	6
Pouvoir calorifique inférieur sur sec	MJ /kg	25	18	33	16	5	22

Tableau 12 : Valeurs moyennes des PCI des refus

Les refus 1 présentent des valeurs liées au PCI plus élevées que les refus 2. En effet, la présence d'indésirables, type plastique est plus importante dans les refus 1 que dans les refus 2. Les écarts entre les valeurs minimales et maximales liées au PCI des refus 2 sont justifiés par l'efficacité de séparation des équipements complémentaires par rapport aux différents types d'indésirables qu'ils ciblent.

Les valeurs de PCI des refus 1 sont légèrement plus basses que les valeurs attendues pour un CSR de bonne qualité. Seules 4 valeurs sur les 7 (une analyse par site) présentent un PCI moyen supérieur à 12 MJ/kg. Les analyses réalisées dans le cadre de la présente étude ont été faites à titre exploratoire pour présenter une première image de la qualité des refus. Des analyses complémentaires doivent être menées sur des paramètres tels que le taux de cendres, de chlore et les teneurs en polluants (halogènes, métaux lourds) pour déterminer l'intérêt d'une valorisation des refus en tant que CSR.

Il est important de signaler qu'un plus fort taux de captation de la matière organique (MO) dans la pulpe n'augmenterait pas le pouvoir calorifique inférieur (PCI) des refus de déconditionnement pour une valorisation en tant que CSR. En fait, l'effet serait plutôt inverse. Voici pourquoi :

- **Réduction de la MO dans les refus** : Si davantage de matière organique est captée dans la pulpe, il en reste moins dans les refus. Les matières organiques, riches en carbone, sont les principales sources de pouvoir calorifique.
- **Diminution de la densité énergétique** : La matière organique étant un contributeur clé au PCI, une diminution de la MO dans les refus se traduit par une diminution de leur densité énergétique.
- **Qualité du CSR** : Pour que les refus soient valorisés efficacement en tant que CSR, ils doivent contenir une quantité significative de matière organique. Une captation accrue de MO dans la pulpe réduirait cette quantité dans les refus, rendant le CSR produit moins efficace comme source d'énergie.
- **Composition des refus** : Si les refus sont principalement constitués d'indésirables (comme des plastiques, métaux, etc.) avec moins de matière organique, leur PCI sera naturellement plus bas.

Par ailleurs, il sera nécessaire de compléter ces données avec des analyses portant sur le chlore et l'humidité afin de confirmer cette tendance. De plus, outre les paramètres de la norme, l'utilisateur du CSR établit des spécifications portant sur la granulométrie, l'humidité, la teneur en cendres, la teneur en polluants (halogènes, métaux lourds, etc.).

Par conséquent, cette voie de valorisation pourrait être envisagée pour ces sites, à condition qu'un centre de préparation de CSR soit situé à proximité (afin de réduire les coûts et les impacts du transport) et qu'il accepte ce type de refus.

5. Enseignements des essais réalisés

5.1. Bilan sur les performances des installations

Le suivi et les essais menés sur les 7 sites volontaires permettent de tirer des enseignements sur la performance des installations de déconditionnement.

Les éléments suivants ont pu être établis :

- **Typologie de biodéchets traités sur les installations de déconditionnement**

Il a été confirmé que les installations de déconditionnement traitent une diversité de biodéchets et pas uniquement des biodéchets emballés issus des GMS et de l'IAA. Ces installations permettent également l'épuration des erreurs de tri des biodéchets triés à la source issus des ménages en sacs et de la restauration collective et commerciale.

En fonction des intrants réceptionnés, il est important de bien définir les rations pour obtenir un déconditionnement optimisé, sans dysfonctionnement de la ligne. La quantité d'eau utilisée dans une ligne de déconditionnement est très dépendante de la nature des biodéchets emballés.

- **Acceptabilité de biodéchets entrants**

Tous les types de biodéchets et d'emballages sont acceptés par ces équipements. Cependant, pour préserver l'intégrité et le bon fonctionnement des déconditionneurs, il est crucial de mettre en place des conditions limitatives, en particulier concernant le verre et les métaux. Les exploitants doivent régulièrement donner des consignes strictes de limitation du verre et des matériaux assimilés à leurs clients. Cela peut inclure l'interdiction des biodéchets avec contenants en verre ou l'application de pénalités financières en cas de non-respect. Pour les métaux, il est impératif d'adapter les biodéchets en fonction des capacités de gestion de l'installation, afin d'éviter des dommages potentiels. Ainsi, la qualité du tri est prédominante pour obtenir une pulpe organique de qualité respectant les valeurs seuils réglementaires, garantissant à la fois l'efficacité du processus et la durabilité des équipements.

- **Capacité de traitement**

Lors du suivi des 7 sites, les taux faibles d'épuration qui ont été mesurés correspondent principalement à une séparation inefficace des matières de type verre et cailloux/calcaire. La qualité des intrants, ponctuellement plus souillés par certaines impuretés peut en être à l'origine. La capacité des installations de déconditionnement à séparer ces matières peut également en être la raison, même si parmi les installations qui ont présenté des taux faibles, des unités de post-traitement sont disponibles. En effet, ces équipements complémentaires ne sont pas forcément adaptés pour tout l'éventail d'indésirables.

D'une manière générale, un exploitant souhaitant déconditionner sur un même site des biodéchets provenant de divers producteurs tels que les GMS, les IAA, les ménages et les restaurateurs, afin de produire une pulpe organique conforme aux exigences réglementaires, devra s'équiper d'équipements complémentaires en plus de l'équipement de déconditionnement principal. En effet, la nature des intrants influence la capacité de traitement. **Les biodéchets des GMS et IAA sont plus difficiles à traiter que ceux triés à la source provenant des ménages et de la restauration collective et commerciale.**

Ainsi, les équipements complémentaires sur une ligne de déconditionnement permettent un traitement plus optimal des indésirables et inertes, comparé aux équipements de déconditionnement sans unités complémentaires. Cependant, l'utilisation de ces unités complémentaires n'est pas indispensable pour le fonctionnement d'un équipement de déconditionnement seul, car selon la typologie des biodéchets traités, leurs effets sur les plastiques ne semblent pas toujours significatifs. Ainsi, lorsque des biodéchets de ménage ou de restauration sont majoritaires, une unité de déconditionnement seule suffit pour obtenir une pulpe organique respectant les exigences de la rubrique ICPE 2783, une fois les erreurs de tri enlevées en amont de l'équipement.

Les biodéchets provenant des GMS et IAA, souvent constitués d'emballages plastiques, de métaux et de verre, sont plus difficiles à traiter que ceux issus des ménages et de la restauration collective et commerciale. Les équipements de déconditionnement principaux effectuent la majeure partie de la séparation des plastiques. Pour optimiser cette séparation, l'exploitant peut s'équiper d'un équipement complémentaire. Les équipements de déconditionnement principaux sont plus efficaces pour la séparation des métaux. Toutefois, dans une moindre mesure, les équipements secondaires contribuent également à cette tâche. Pour une optimisation de la séparation du verre par l'équipement principal, l'exploitant peut s'équiper d'équipements complémentaires incluant des techniques de centrifugation et éventuellement de surfiltration. Pour la séparation des cailloux-calcaire, les équipements complémentaires incluant une centrifugeuse optimisent le traitement. Pour finir, tous les équipements complémentaires améliorent la séparation des fractions fines.

En amont d'un projet d'installation et de mise en fonctionnement d'une ligne de déconditionnement, il est important de vérifier la compatibilité des équipements de déconditionnement et des lignes d'incorporation de la matière (si les équipementiers choisis sont multiples).

- **Qualité de la pulpe organique**

Dans un objectif « 0 indésirable dans la pulpe », il semblerait indispensable de continuer à sensibiliser les producteurs de biodéchets afin **d'améliorer le tri en amont** de l'installation et ainsi, en exemple, éviter la présence de verre dans le flux intrant, ce qui faciliterait la séparation et améliorerait la qualité de la pulpe organique. Le plastique, bien que pratique et omniprésent, pose des défis considérables en matière de durabilité et gestion des déchets. Ainsi, il semblerait indispensable de promouvoir des campagnes de sensibilisation pour encourager des comportements de consommation responsables et explorer, adopter, des matériaux alternatifs tels que les emballages biodégradables. Pour minimiser l'utilisation du plastique, l'optimisation des designs des emballages peut également être une solution.

Pour le traitement des biodéchets générés par les IAA et GMS, des consignes ou des exigences en matière de réception des intrants emballés dans des contenants en verre comme le déemballage manuel, d'une part, et l'ajout d'étapes de tri complémentaires en aval de l'équipement de déconditionnement d'autre part, semblent pertinents pour optimiser la séparation des indésirables dans la pulpe.

- **Qualité des refus**

Les taux de captation de la matière organique sont élevés pour les 7 sites. Ainsi, les lignes de déconditionnement récupèrent efficacement la matière organique. Pour envisager une valorisation des refus en tant que CSR, des analyses complémentaires au PCI devront être réalisées. Elles porteront sur le chlore et l'humidité. De plus, l'utilisateur du CSR définit des spécifications concernant la granulométrie, l'humidité, la teneur en cendres, ainsi que la teneur en polluants, tels que les halogènes et les métaux lourds. En définissant des spécifications précises sur la granulométrie et l'humidité, cela permet d'optimiser l'efficacité des procédés de combustion ou de gazéification. Avec d'autres spécifications, les normes environnementales imposent des limites strictes sur certains contaminants ce qui permet de garantir que le CSR respecte les réglementations en vigueur et ainsi limiter les émissions de substances nocives lors de l'utilisation du CSR, contribuant ainsi à la protection de l'environnement.

5.2. Coût d'investissement et d'exploitation

Les données présentées dans cette partie ont été calculées à partir des résultats fournis par les exploitants des 7 sites volontaires lors de l'étude.

Les cellules grisées du tableau représentent soit une absence de données, soit des données liées à une mise en service de la ligne de déconditionnement. Ainsi, ces données ne seraient pas pertinentes au regard des ratios calculés et dans la lecture du tableau.

		Site n°1	Site n°2	Site n°3	Site n°4	Site n°5	Site n°6	Site n°7
Maintenance	€/t traitée	3,56	0,8	1,41	2,08	2,5		9
Investissement	€/t traitée	62	24	163	130	208	24	27

Tableau 13 : Ratios portant sur les coûts d'investissement et d'exploitation à la quantité traitée

De façon générale, une ligne de déconditionnement composée d'une unité de déconditionnement et de post-traitement présente des coûts d'exploitation et d'investissement supérieurs à un équipement de déconditionnement sans post-traitement. Ainsi, il est primordial d'étudier la meilleure solution de déconditionnement des biodéchets en fonction de la nature et des quantités entrantes.

6. Conclusion

Un suivi a été réalisé sur une période maximale de 6 mois dans 7 sites volontaires, incluant une série d'analyses sur cinq jours consécutifs, portant sur la pulpe organique et les refus produits par les installations de déconditionnement.

Les essais et le suivi effectués sur ces 7 sites ont permis de tirer des enseignements sur la performance des installations de déconditionnement. Les données ont également servi à mettre à jour l'outil d'aide à la décision pour le choix des solutions de déconditionnement. L'étude a intégré de nouveaux éléments dans cet outil, notamment en ce qui concerne l'efficacité des équipements complémentaires et les exigences réglementaires.

Parmi les 7 sites, un seul a présenté des valeurs conformes à la réglementation ICPE et au socle commun pour toutes les catégories d'exigences liées aux inertes et impuretés > 2mm pour l'ensemble de ses échantillons de pulpe prélevée. Ce site utilise plusieurs équipements complémentaires en aval de l'unité de déconditionnement principal.

Les taux de performance des équipements calculés dans cette étude, relatifs à l'épuration des indésirables dans les lignes de déconditionnement des biodéchets emballés, sont des indicateurs clés de l'efficacité du processus de traitement. Ces taux montrent la proportion de chaque type d'indésirables correctement éliminée par les équipements de déconditionnement. Cependant, atteindre les valeurs seuils de la rubrique 2783 et du futur socle commun reste un défi pour certains sites. Les sites qui réussissent à respecter les prescriptions ICPE, à intrants équivalents, partagent plusieurs facteurs clés :

- Qualité et modernité des équipements : Des équipements récents et/ou bien entretenus améliorent l'efficacité du traitement.
- Optimisation des processus : Des processus bien conçus et adaptés aux spécificités des biodéchets traités augmentent les performances.
- Formation et compétence du personnel : Un personnel bien formé et compétent assure le bon fonctionnement des équipements et des processus.
- Homogénéité des intrants : Une meilleure homogénéité des biodéchets entrants facilite leur traitement et améliore les taux de performance
- Adaptation du process à la qualité des intrants : Des équipements complémentaires adaptés selon les biodéchets emballés permettent d'optimiser la qualité de la pulpe et le respect des seuils réglementaires sur les indésirables.

Ces éléments combinés permettent à certains sites de respecter les prescriptions ICPE et d'atteindre des performances élevées dans le déconditionnement des biodéchets emballés.

Actuellement, il n'existe pas de systèmes de traitement complémentaires pour garantir une captation haute performance des indésirables afin de respecter les valeurs seuils réglementaires. Ainsi, les équipementiers doivent continuer à proposer des équipements innovants et performants.

En parallèle, plusieurs conseils peuvent être proposés pour améliorer la conformité des unités de déconditionnement aux valeurs seuils de la rubrique 2783 et obtenir une pulpe organique conforme :

- Formation du personnel : Former le personnel opérant dans les unités de déconditionnement afin de garantir une utilisation optimale des équipements et un respect des réglementations en vigueur (ICPE et sanitaire) liée à cette activité.
- Suivi et ajustements continus : Un suivi régulier des performances et des ajustements en temps réel permettent de maintenir des niveaux élevés d'efficacité. Par exemple, les performances

d'une installation peuvent être évaluées en analysant des échantillons en laboratoire, à chaque nouveau biodéchet réceptionné, en fonction de sa nature et de son origine.

- Organisation d'audits croisés : Pour garantir une amélioration continue et la conformité à la réglementation, l'organisation d'audits croisés entre différents sites est conseillée. Ces audits permettent une évaluation objective des pratiques en vigueur par des pairs ou des experts externes. Ils facilitent l'identification des points faibles et des opportunités d'amélioration, tout en favorisant le partage des bonnes pratiques entre différents sites.

Ces conseils sont essentiels pour améliorer la conformité des unités de déconditionnement vis-à-vis des valeurs seuils de la rubrique 2783 et du futur socle commun dans le but de garantir une pulpe organique de qualité sans risque d'impact sur l'environnement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- <https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/4981-les-solutions-de-deconditionnement-des-biodechets-emballes-et-leurs-performances.html>
- <https://librairie.ademe.fr/economie-circulaire-et-dechets/7683-microplastiques-presents-dans-les-produits-residuels-organiques.html>
- Arrêté du 02/03/23 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations de déconditionnement de biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source en vue de leur valorisation organique relevant de la rubrique n° 2783 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement
- Norme NF U 44-051

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1 : Rubrique 2783 « Installation de déconditionnement de biodéchets ayant fait l'objet d'un tri à la source en vue de leur valorisation organique »	9
Tableau 2 : Teneurs maximales en impuretés liées à la rubrique ICPE 2783 (et du projet du socle commun)	15
Tableau 3 : Méthodes de post-traitement pour diminuer les teneurs en indésirables	19
Tableau 4 : Présentation des sites réalisant l'étude	20
Tableau 5 : Nombre de sites volontaires concernés par les équipements complémentaires	21
Tableau 6 : Données des 7 sites volontaires liées à l'exploitation	55
Tableau 7 : Les équipements de déconditionnement	59
Tableau 8 : Valeurs agronomiques moyennes de la pulpe organique	62
Tableau 9 : Valeurs moyennes des éléments traces métalliques	64
Tableau 10 : Valeurs moyennes des composés traces organiques (HAP)	65
Tableau 11 : Valeurs moyennes des polychlorobiphényles (PCB)	65
Tableau 12 : Valeurs moyennes des PCI des refus	66
Tableau 13 : Ratios portant sur les coûts d'investissement et d'exploitation à la quantité traitée	70

FIGURES

Figure 1 : Schéma des points de prélèvements possibles des refus et de la pulpe	14
Figure 2 : Exemple de refus (à gauche) et de pulpe organique (à droite) en sortie de ligne de déconditionnement	16
Figure 3 : Représentation schématique théorique du bilan matière (sur matière sèche) d'un équipement de déconditionnement	16
Figure 4 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement	18
Figure 5 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°1	23
Figure 6 : Fosse de réception, centrifugeuse, SMIMO 120, filtre à tambour (de gauche à droite)	24
Figure 7 : Suivi de la répartition mensuelle des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°1	24
Figure 8 : Biodéchets entrants – Site n°1	25
Figure 9 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi – Site n°1	25
Figure 10 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°1	26
Figure 11 : Consommation moyenne mensuelle électrique – Site n°1	26
Figure 12 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°2	28
Figure 13 : Lignes de convoyage – Site n°2 Figure 14 : Flexidry M – Site n°2	28

Figure 15 : Suivi de la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°2	29
Figure 16 : Biodéchets entrants – Site n°2	29
Figure 17 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi – Site n°2	30
Figure 18 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°2	30
Figure 19 : Consommation moyenne mensuelle électrique pendant le suivi – Site n°2	31
Figure 20 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°3	32
Figure 21 : Tiger HS 640 et presse Börger (gauche à droite) – Site n°3	33
Figure 22 : Suivi de la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°3	33
Figure 23 : Biodéchets entrants – Site n°3	34
Figure 24 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi – Site n°3	34
Figure 25 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°3	34
Figure 26 : Consommation moyenne mensuelle électrique – Site n°3	35
Figure 27 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°4	37
Figure 28 - (a) Chargement de la trémie (b) grille de séparation du déconditionneur (c) grille de rechange du post-traitement (d) tours de décantation e) refus du déconditionneur (f) refus du post-traitement	38
Figure 29 : Suivi de la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°4	38
Figure 30 : Biodéchets entrants – Site n°4	39
Figure 31 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi – Site n°4	39
Figure 32 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°4	39
Figure 33 : Consommation moyenne mensuelle électrique pendant le suivi – Site n°4	40
Figure 34 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°5	42
Figure 35 : (a) Chargement de la trémie (b) refus issu du tri manuel (c) déconditionneur Flexiboost (d) grille de séparation du Flexiboost et bac de collecte de la pulpe (e) mécanisme de compression et séparation des biodéchets (f) refus grossier issu du déconditionneur (g) post-traitement avec prototype Flexipure (h) refus fin issu du post-traitement. – Site n°5	43
Figure 36 : Suivi de la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°5	43
Figure 37 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°5	44
Figure 38 : Consommation moyenne mensuelle électrique pendant le suivi – Site n°5	44
Figure 39 : Synoptique de la ligne de déconditionnement – Site n°6	46
Figure 40 : Trémie de réception et alimentation - Tunnel de réception avec unité d'alimentation Toploader (de gauche à droite) – Site n°6	46
Figure 41 : Vue d'ensemble de l'unité de déconditionnement – Site n°6	46
Figure 42 : (gauche) Pièce de rechange du crible (milieu) Modèle de marteau (droite) Pulpe organique – Site n°6	47
Figure 43 : Suivi de la répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°6	47
Figure 44 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi - Site n°6	48
Figure 45 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°6	48
Figure 46 : Consommation moyenne mensuelle d'électricité du site pendant le suivi – Site n°6	49
Figure 47 : Synoptique de fonctionnement – Site n°7	51
Figure 48 : Désemballeur et Frexidry V4 (de gauche à droite) – Site n°7	51
Figure 49 : Répartition des quantités de biodéchets traités et des quantités de pulpe organique et des refus produits – Site n°7	52
Figure 50 : Biodéchets entrants – Site n°7	52
Figure 51 : Répartition moyenne de la quantité de biodéchets traités pendant le suivi - Site n°7	53
Figure 52 : Consommation moyenne mensuelle d'eau pendant le suivi – Site n°7	53
Figure 53 : Consommation moyenne mensuelle en électrique – Site n°7	54
Figure 54 : Estimation des taux de captation de la matière organique	56
Figure 55 : Estimation des taux d'épuration des indésirables dans les pulpes	57
Figure 56 : Estimation des taux d'épuration des plastiques dans les refus	59
Figure 57 : Estimation des taux d'épuration des métaux dans les refus	60
Figure 58 : Estimation des taux d'épuration du verre dans les refus	60
Figure 59 : Estimation des taux d'épuration du cailloux – calcaire dans les refus	61
Figure 60 : Estimation des taux d'épuration de la fraction < 2 mm dans les refus	61
Figure 61 : Taux d'inertes et d'impuretés dans les pulpes organiques	63

SIGLES ET ACRONYMES

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AFNOR	Association française de normalisation
DCT	Déchets de cuisine et de table
ETP	Equivalent Temps Plein
GMS	Grandes et moyennes surfaces
IAA	Industries agroalimentaires
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
MO	Matière organique
MONS	Matière organique non synthétique
MS	Matière sèche
PCI	Pouvoir calorifique inférieur
SPGD	Service Public de Gestion des Déchets

L'ADEME EN BREF

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

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

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

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

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

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

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



CLÉS POUR AGIR

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



ILS L'ONT FAIT

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



EXPERTISES

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



HORIZONS

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



EXPERTISES

SUIVI DES PERFORMANCES TECHNIQUES ET MATIÈRE DE DÉCONDITIONNEURS DE BIODÉCHETS

Afin de suivre les performances des 7 sites volontaires, la méthodologie d'évaluation des performances d'un équipement de déconditionnement élaborée dans le cadre de l'étude 2021 a été utilisée comme base et consolidée.

Ainsi, un suivi sur les 7 sites volontaires a été effectué sur une durée de 6 mois. Il a consisté à suivre le fonctionnement des lignes de déconditionnement, de qualifier les flux entrants et sortants des équipements, de caractériser les avantages et les limites des équipements suivis, d'évaluer les coûts et les performances des sites au regard de leur spécificités et d'étudier les conditions de travail liées à leur utilisation.

Le suivi a permis de réaliser une série d'analyse, pour chaque site volontaire, sur une durée de cinq jours consécutifs, portant sur la pulpe organique et les refus produits par les installations de déconditionnement.

Cette étude améliore les connaissances sur les technologies et les performances des équipements de déconditionnement de biodéchets emballés.