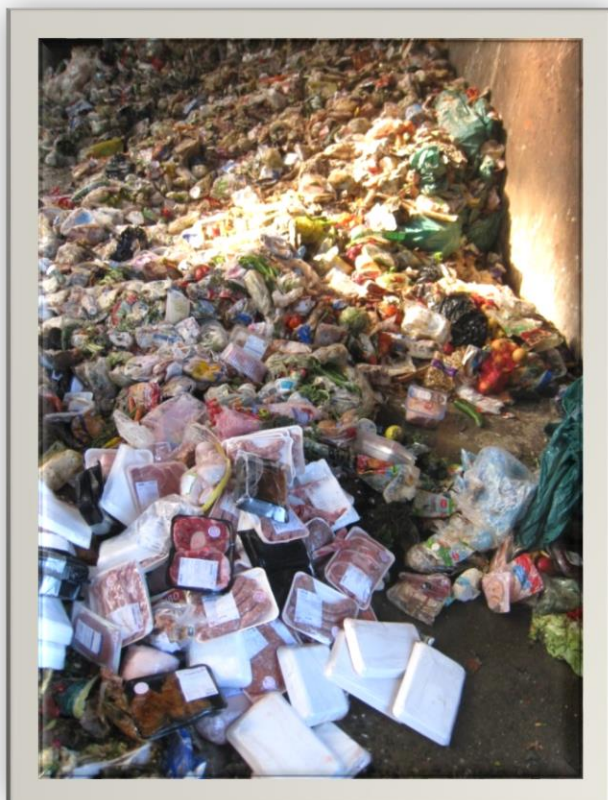


INVENTAIRE ET PERFORMANCES DES TECHNOLOGIES DE DECONDITIONNEMENT DES BIODECHETS



Novembre 2016

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

N° de contrat : 1506C0079

Coordination technique ADEME : *Philippe THAUVIN* – Direction Economie Circulaire et Déchets/
Service Prévention et Gestion des Déchets



RAPPORT D'ETUDE

REMERCIEMENTS

COMITE DE PILOTAGE DE L'ÉTUDE

THAUVIN Philippe – ADEME

BEAUFORT Roger – AEFEL

LACOUT Annick – AEFEL

RIVET Marie – FNADE

BAILLET Louis – FNADE - SUEZ

LHERMITTE Servan – FNADE - VEOLIA

VIZY Pascale – *Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer*

VAN HEESWYCK Édouard – *Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer*

CONSEILLERS TECHNIQUES

SARRAZIN Bernard – Laboratoire d'analyses PROVADEMSE

NAQUIN Pascale – Laboratoire d'analyses PROVADEMSE

HARADA Louis-Narito – Avocat Spécialiste en droit de l'environnement, *Cabinet Eversheds Paris LLP*

RÉFÉRENTS DES INSTALLATIONS DE DÉCONDITIONNEMENT

CHRISTOPHE Fabien – SUEZ – Toul (54)

LENTZ David – SUEZ – Strasbourg (67)

WINKELMULLER Serge – SYDEME – Morsbach (57)

ROUSSEL Sébastien – VEOLIA – Villeneuve-Saint-Georges (94)

BOUGOIN Denis – VEOLIA – Saint-Peravy-la-Colombe (45)

RÉFÉRENTS DES FABRICANTS D'ÉQUIPEMENT DE DÉCONDITIONNEMENT

Douze fabricants ont contribué à la réalisation des fiches de synthèse de leurs équipements.

CITATION DE CE RAPPORT

ADEME. Beaufort Roger et Lacout Annick. 2016. Inventaire et performances des technologies de déconditionnement des biodéchets – Rapport final et fiches de synthèse. 73 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr, rubrique Médiathèque.

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.

Table des matières

Table des matières	3
Résumé.....	5
Avertissement.....	7
Introduction.....	8
Première partie : Périmètre et méthodologie	9
1. Définitions.....	9
1.1. Équipements de déconditionnement	9
1.2. Classification des équipements de déconditionnement	9
1.3. Équipements hors champ de l'étude	9
1.4. Installation de déconditionnement	10
1.5. Types de biodéchets traités.....	10
2. Organisation	10
2.1. Comité de pilotage.....	10
2.2. Recherche	10
2.3. Entretiens avec les acteurs de la filière	11
3. Méthodologie	12
3.1. Sélection des équipements	12
3.2. Indicateurs de performance utilisés.....	12
3.3. Présentation et utilisation des données communiquées par les fabricants	13
3.4. Modalités de l'enquête et de la visite de site.....	13
4. Confidentialité	14
4.1. Fabricants	15
4.2. Exploitants	15
Deuxième partie : Les équipements de déconditionnement	16
5. État des lieux	16
5.1. Les fabricants	16
5.2. Etat du marché	21
6. Techniques de déconditionnement.....	26
6.1. Description des différentes étapes et classification des différentes technologies	26
6.2. Alimentation et préparation du flux à traiter.....	27
6.3. Broyage	28
6.4. Séparation lors du broyage	29

6.5.	Séparation par compression.....	30
6.6.	Hydromécanique	31
6.7.	Comparaison de la taille des mailles du crible de chaque technologie.....	31
6.8.	Pilotage des équipements	32
6.9.	Convoyeurs et systèmes de pompage	32
7.	Caractéristiques techniques des équipements de déconditionnement.....	33
7.1.	Acceptabilité des flux entrants.....	33
7.2.	Capacité de traitement	35
7.3.	Qualité des flux sortants	36
7.4.	Consommation d'eau.....	37
7.5.	Consommation d'énergie.....	41
7.6.	Coût et maintenance des équipements.....	42
	Troisième partie : Installations de déconditionnement.....	44
8.	Emprise, organisation et différents process-types d'un site de déconditionnement.....	44
8.1.	Fonctionnement d'une installation de déconditionnement	44
8.2.	Enquête et visites de site.....	47
9.	Coût d'investissement et d'exploitation	56
9.1.	Hypothèses retenues.....	57
9.2.	Résultats de la simulation du coût de traitement	58
	Note de recommandations lors du choix d'un équipement de déconditionnement de biodéchets.....	59
	Annexes.....	64
	Annexe n°1 : Questionnaire adressé aux fabricants d'équipement de déconditionnement	64
	Annexe n°2 : Fiches de synthèse	64
	Annexe n°3 : Résultats détaillés de l'analyse d'échantillons de matière organique prélevés lors des essais menés sur cinq installations de déconditionnement	65
	Annexe n°4 : Résultats détaillés de l'analyse d'échantillons de refus prélevés lors des essais menés sur cinq installations de déconditionnement.....	67
	Références bibliographiques	69
	Index des tableaux et figures	70
	Sigles et acronymes.....	72

Résumé

L'objectif de l'étude est d'inventorier, classifier, décrire et comparer les performances des différentes technologies de déconditionnement ainsi que de présenter les installations de déconditionnement. Le but est de contribuer au développement de la filière de valorisation des biodéchets.

Les équipements de déconditionnement étudiés dans le présent rapport doivent pouvoir déconditionner un flux de biodéchets emballés en mélange provenant de la filière Grandes et Moyennes surfaces (GMS). Sont hors champ de l'étude les équipements déconditionnant des monoflux ou seulement une partie des flux de la grande distribution.

L'étude se base principalement sur une enquête bibliographique, sur l'analyse des entretiens menés avec les acteurs du déconditionnement et la visite de cinq installations de déconditionnement sur lesquelles des essais ont été menés.

La méthodologie mise en œuvre pour inventorier les différents fabricants d'équipement de déconditionnement repose sur des recherches bibliographiques, l'analyse d'études de référence, des recherches sur les coûts d'investissement et d'exploitation. Ceci a permis de constituer :

- Une liste de fabricants ;
- Une liste des installations de déconditionnement ;
- Le recensement des études de référence.

Un recensement des installations de déconditionnement a été effectué permettant de confirmer le type d'équipement installé sur une majorité de sites en France.

Cinq installations ont été sélectionnées par l'ADEME pour faire l'objet d'enquêtes téléphoniques et bénéficier de visites. L'objectif est de décrire précisément les types d'installation de déconditionnement existants à travers les visites de ces sites. À cette occasion, des essais ont été menés aboutissant à des prélèvements de pulpe organique et de refus afin de faire procéder à leur analyse par un laboratoire spécialisé.

L'inventaire des équipements de déconditionnement a conduit à la sélection de 12 fabricants dont les produits ont été étudiés de manière approfondie, et qui ont chacun fait l'objet d'une fiche structure. Celles-ci décrivent précisément chacune des technologies et sont annexées au présent rapport.

Les points clés suivants sont mis en évidence :

- 20 fabricants sont identifiés, 12 sont sélectionnés en fonction de critères pour faire l'objet d'une fiche
- Une classification des technologies est proposée :
 - o Les broyeur-séparateurs (5 équipements sur les 12)
 - o Les systèmes alliant broyage puis compression, eux-mêmes subdivisés en 3 sous-catégories : les presses à vis (3), les presses à piston (1) et les autres systèmes de compression (1)
 - o La technologie hydromécanique (2)

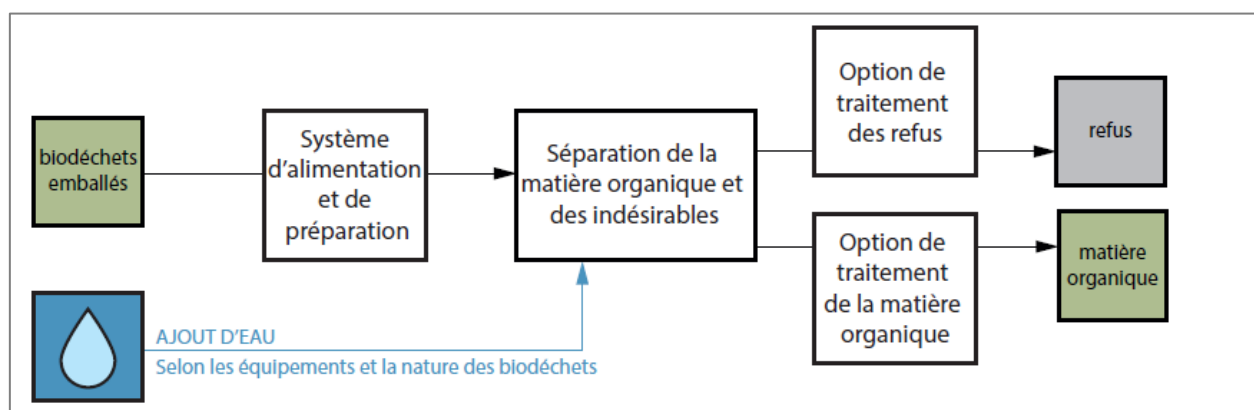


Figure 1 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement

- Les critères suivants ont été retenus pour évaluer la performance d'une ligne de déconditionnement, et font l'objet d'une description détaillée :
 - o Acceptabilité de biodéchets entrants, pour mettre en évidence quelles peuvent être les restrictions sur les flux réceptionnés ;
 - o Capacité de traitement, pour évaluer le temps de traitement des biodéchets réceptionnés ;
 - o Qualité de la pulpe organique, et notamment son taux d'indésirables ;
 - o Qualité des refus, et notamment la quantité de matière organique perdue ;
 - o Qualité du broyage pour limiter la création d'éléments fins ;
 - o Consommation d'eau, pour évaluer la qualité du lavage des refus, les contraintes sur le transport ou l'adaptabilité à différentes techniques de valorisation matière ;
 - o Consommation d'énergie, pour évaluer la performance de la valorisation des biodéchets ;
 - o Coûts d'investissement et de maintenance, pour évaluer sa rentabilité.

Concernant les installations de déconditionnement, un schéma générique présentant les différentes composantes d'un site a été réalisé ainsi qu'une étude des coûts d'investissement et de fonctionnement d'une telle installation. Cette étude a permis d'établir sur la base d'hypothèses documentées, que le coût de traitement des biodéchets emballés (hors coût de collecte), comprenant le déconditionnement, la méthanisation de la matière organique et le traitement des refus, se positionne dans une fourchette allant de 75 EUR/t (amortissement de l'équipement sur 10 ans et capacité de traitement de 20 000 t/an) à 118 EUR/t (amortissement de l'équipement sur 3 ans et capacité de traitement de 5 000 t/an). De nombreux paramètres influent sur ce coût d'exploitation d'une installation générique. Il peut notablement varier selon la configuration, notamment le type de contenant utilisé (ex : caisses palettes), **et l'implantation ou non sur un site de valorisation organique** ainsi que les modalités d'exploitation retenues.

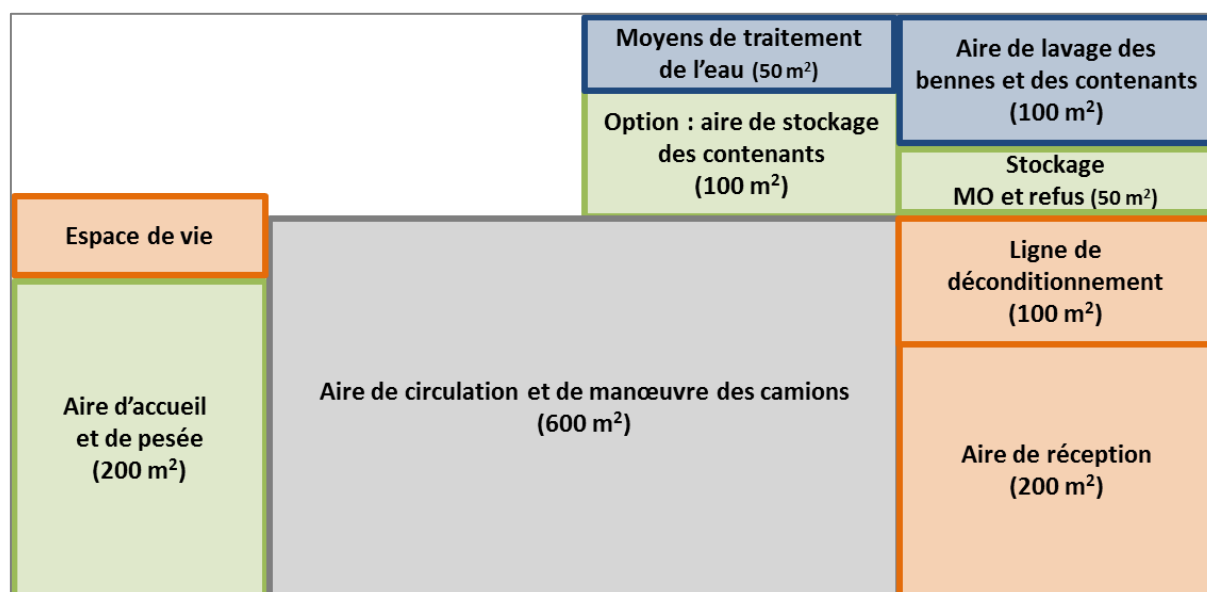


Figure 2 : Emprise au sol des différentes zones composant une installation de déconditionnement
(les aires couvertes sont indiquées en orange ; données indicatives variables selon le tonnage annuel, l'implantation ou non sur un site de valorisation organique et le type de contenant utilisé)

Les essais menés sont en nombre trop limité pour être qualifiés de représentatifs de la filière. Ils sont à considérer comme une première photographie de la performance des équipements dans le but de mieux spécifier une campagne d'analyses plus conséquente.

Les principaux enseignements des visites de sites et des essais menés sur cinq installations permettent d'établir que :

- Des flux de biodéchets emballés et non emballés de plusieurs provenances sont systématiquement mélangés pour optimiser la gestion de l'installation (mutualisation des collectes et performance de la ligne de déconditionnement) ;

- Les données communiquées par les fabricants sur le type d'emballages acceptés, le débit instantané, la taille de maille utilisée, la vitesse de rotation des broyeurs sont confirmées ;
- Un ajout d'eau est systématiquement effectué même pour les équipements prévus pour fonctionner sans ajout d'eau ;
- Les teneurs en impuretés > 2 mm de la matière organique ne correspondent pas aux performances indiquées par les fabricants sur certains sites, et d'une manière générale, la nature des éléments fins < 2 mm semble devoir être étudiée pour obtenir une confirmation de la performance d'épuration des équipements compte tenu des quantités importantes retrouvées ;
- Les quantités de MONS retrouvées dans les refus ne sont pas négligeables quand aucun lavage des refus n'est effectué.

La note de recommandations formulée en conclusion de l'étude s'adresse à tout exploitant ou opérateur qui envisage de se doter d'une ligne de déconditionnement pour traiter des biodéchets emballés de la grande distribution. Elle porte sur les modalités de choix de l'équipement lui-même et son dimensionnement ainsi que sur des considérations plus larges liées à l'installation complète.

Avertissement

Contexte général de l'étude :

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 et parfois peu détaillée les résultats et les enseignements obtenus à l'occasion des enquêtes et visites de sites de déconditionnement. De plus, pour cette raison, aucune photo n'est produite dans ce rapport et les vidéos réalisées lors des visites de sites n'y sont pas restituées en annexe.

Introduction

Contexte général et contexte réglementaire

Comme le précise la circulaire relative aux modalités d'application de l'obligation de tri à la source des biodéchets¹, ceux-ci peuvent être collectés dans leur emballage. Ils doivent donc passer par une étape de déconditionnement.

Les biodéchets emballés proviennent principalement :

- De la grande distribution alimentaire, des industries agroalimentaires, des grossistes et autres intermédiaires de l'expédition des denrées alimentaires, de certains restaurants collectifs ou commerciaux pour ceux collectés hors service public de gestion des déchets (SPGD) ;
- Des commerces alimentaires, dont ceux des marchés alimentaires, des ménages et de certains restaurants collectifs ou commerciaux, pour ceux pris en charge par le SPGD.

Si le développement des équipements de déconditionnement s'est principalement appliqué aux biodéchets de la grande distribution, la question de l'épuration des impuretés ou des erreurs de tri est une étape essentielle dans le processus de valorisation quelle que soit la provenance des biodéchets. De nombreux sites de déconditionnement utilisent leurs équipements pour traiter des flux provenant de l'ensemble des types d'activités générant des biodéchets, qu'ils contiennent ou non des biodéchets emballés.

Pour autant, comme le rappelle le dossier de consultation de la présente étude :

« Les sites de déconditionnement de biodéchets sont encore trop peu nombreux et le territoire national n'est pas entièrement couvert. De plus, les technologies qu'ils mettent en œuvre, leurs performances en termes d'exploitation et de qualité des produits sortants, et leurs coûts sont mal connus. »

Objet de l'étude

L'objectif de l'étude est d'inventorier, classer, décrire et comparer les performances des différentes technologies de déconditionnement ainsi que de présenter les installations de déconditionnement. Le but de l'étude est de contribuer au développement de la filière de valorisation des biodéchets.

Elle se base principalement sur une enquête bibliographique, sur l'analyse des entretiens menés avec les acteurs du déconditionnement et la visite de cinq installations de déconditionnement sur lesquelles des essais ont été menés.

Plan du rapport

Ce rapport est composé de trois parties et dix chapitres :

- La première partie présente le périmètre de l'étude (chapitre 1), l'organisation des recherches et la méthodologie (chapitre 2 et 3) ainsi que les règles de confidentialité appliquées pour la collecte et l'affichage des données (chapitre 4) ;
- La seconde partie présente un état des lieux du marché des équipements de déconditionnement (chapitre 5) ainsi que les différentes technologies de déconditionnement et leurs performances techniques (chapitre 6 et 7) ;
- La troisième partie décrit le fonctionnement d'une installation de déconditionnement générique (chapitre 8) ainsi qu'une estimation des coûts de gestion d'une installation (chapitre 9) ;
- Enfin, le rapport est conclu par une note de recommandations lors du choix d'un équipement de déconditionnement de biodéchets.

¹ Extrait de la circulaire du 10 janvier 2012 relative aux modalités d'application de l'obligation de tri à la source des biodéchets par les gros producteurs (article L 541-21-1 du code de l'environnement) :

« Collecte des biodéchets dans leur contenant »

Ce cas peut se présenter fréquemment pour les commerces alimentaires, les industries agroalimentaires, les grossistes et les entrepôts dont une part notable du flux de biodéchets est constituée de denrées non vendables emballées. Le déconditionnement sur place de celles-ci poserait de lourdes difficultés technico-économiques et réglementaires. La collecte peut donc porter sur les denrées emballées, qui seront orientées sur une installation assurant leur déconditionnement : ce qui importe est que la partie organique de ce flux de déchets soit in fine effectivement valorisée. »

Première partie : Périmètre et méthodologie

La première partie du rapport est consacrée à la présentation du périmètre et des modalités dans lesquelles l'étude s'est déroulée.

Le premier chapitre s'attache à la délimitation du périmètre de l'étude. Les trois chapitres suivants exposent les moyens mis en œuvre pour atteindre les objectifs de l'étude, les modalités d'échange avec les acteurs du champ de l'équipement de déconditionnement et la description de la méthodologie appliquée.

1. Définitions

Il n'existe pas de définition réglementaire ou technique précise et reconnue d'un équipement de déconditionnement. Elle varie en fonction du type de biodéchets traités et donc de l'objectif recherché allant de l'épuration des erreurs de tri d'un flux de biodéchets au déconditionnement de flux spécifiques et homogènes de biodéchets emballés.

La première action a été de poser une définition des équipements de déconditionnement propre à la présente étude.

1.1. Équipements de déconditionnement

On entend par équipement de déconditionnement toute machine permettant de traiter un flux de biodéchets emballés pour séparer le contenu organique des contenants en l'épurant autant que possible de toutes matières non fermentescibles. Cet équipement s'intègre dans une ligne de déconditionnement commençant par un système d'alimentation (souvent une trémie qui peut être proposée sous diverses formes) jusqu'au système d'évacuation des différents flux finaux. La ligne peut comporter plusieurs étapes de préparation avant le déconditionnement et l'affinage des flux sortants de celui-ci (voir schéma générique Figure 9).

Ces lignes ne sont pas obligatoirement vouées à traiter uniquement des flux emballés. L'objectif peut être l'épuration de tout type de flux de biodéchets.

Il est à noter que la réglementation encadrant la gestion des sous-produits animaux de catégorie 3 impose pour leur hygiénisation une taille maximale de 12 mm des particules des biodéchets avant leur entrée dans l'unité de méthanisation ou de compostage. Les équipements de déconditionnement permettent de satisfaire à cette exigence en réduisant la matière organique séparée sous forme de pulpe.

1.2. Classification des équipements de déconditionnement

Toutes les lignes de déconditionnement intègrent un système s'apparentant à un broyage comme première étape (dans ce cas, il peut être considéré comme une préparation) ou comme unique étape. La séparation est systématiquement effectuée par l'intermédiaire d'un crible dans lequel la matière organique passe et qui retient les indésirables. Les équipements de déconditionnement recensés ont été classifiés en fonction de la technique de séparation utilisée (voir chapitre 6 détaillant les différents types d'équipement). Trois techniques pour séparer la matière organique de ses emballages indésirables ont été définies, selon que la séparation a lieu :

- Lors du broyage, la technologie de séparation est alors appelée « broyeur séparateur » dans la présente étude ;
- Après broyage, dans un équipement de « compression » (presse à vis, presse à piston, rouleau compresseur) ;
- Dans un pulpeur, après broyage ou non, l'équipement ayant une action « hydromécanique ».

1.3. Équipements hors champ de l'étude

Quatre types d'équipement ont été considérés comme ne répondant pas à la définition de la présente étude :

- Comme cela est indiqué précédemment, les équipements de déconditionnement des monoflux homogènes de biodéchets (par exemple : équipement de déconditionnement des briques de lait) ainsi que les équipements traitant uniquement des biodéchets emballés contenant de la matière organique « liquide » ou « pâteuse » sont hors champ de l'étude (par exemple : déconditionnement des yaourts ou des compotes) ;
- Les ouvreurs de sacs ou machines de déconditionnement du pain emballé ;
- Les technologies utilisées sur des installations de compostage pour traiter les erreurs de tri des collectes sélectives de biodéchets des ménages et assimilés ;
- Les équipements d'épuration des impuretés après méthanisation ;
- Ainsi que les installations de type Traitement Mécanobiologique.

De plus, il existe sur le marché des mini-équipements de déconditionnement classifiés dans la catégorie « broyeur séparateur ». Leur capacité de traitement réduite est adaptée pour une installation dans le local poubelle des établissements dont l'activité génère des biodéchets. Ces équipements, bien que destinés au déconditionnement n'entrent pas dans le champ de l'étude.

1.4. Installation de déconditionnement

On entend par installation de déconditionnement le site accueillant la ligne de déconditionnement. Ces installations regroupent les éléments allant de la pesée en entrée jusqu'au système de stockage des flux, notamment :

- Une aire d'accueil et de pesée ;
- Une aire de réception ;
- Les moyens de chargement, les trémies d'alimentation ;
- Une ligne de déconditionnement ;
- Les équipements de convoyage et de pompage ;
- Des équipements de stockage des différents flux sortants ;
- Des équipements de lavage.

Elle peut faire partie d'une installation plus globale comprenant plusieurs activités (notamment la méthanisation, le compostage ou le regroupement, transfert et tri d'autres déchets).

1.5. Types de biodéchets traités

Les équipements de déconditionnement étudiés dans le présent rapport doivent pouvoir déconditionner un flux de biodéchets emballés en mélange provenant de la filière Grandes et Moyennes surfaces (GMS). Sont hors champ de l'étude les équipements déconditionnant des monoflux ou seulement une partie des flux de la grande distribution.

Pour rappel le terme « biodéchets » est défini dans l'[article R.541-8 du code de l'environnement](#).

2. Organisation

2.1. 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, du Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM) et de la Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement (FNADE).

Le rôle du comité de pilotage a notamment été de valider le choix des équipements de déconditionnement étudiés, ainsi que de contribuer à construire les outils nécessaires à l'étude : questionnaires à l'attention des fabricants et des exploitants, protocoles des essais réalisés pendant les visites de sites, montage des supports vidéo, modalités de présentations des résultats et règles de confidentialité.

2.2. Recherche

Pour inventorier les différents fabricants d'équipement de déconditionnement, plusieurs types de recherches ont été menés :

- **Recherche bibliographique**

Des recherches sur Internet à l'aide de mots-clés en anglais, en français et en allemand ont permis d'identifier et répertorier un maximum de technologies. La liste des exposants des derniers salons Pollutec 2014 et Biogaz Europe 2016 ont été étudiées, de même que des listes de fabricants fournissant des équipements pour les installations de méthanisation ou de compostage.

- **Analyse des études de référence**

Les équipements des fabricants listés dans l'ensemble des études de référence recensées ont été étudiés.

- **Enseignements des questionnaires**

Lors de la passation du questionnaire, une question ouverte sur les principaux concurrents identifiés par les fabricants de déconditionnement a été systématiquement posée.

- **Recensement des installations**

Un recensement des installations de déconditionnement a été effectué permettant de confirmer le type d'équipement installé sur une majorité de sites en France.

- **Recherche sur les coûts d'investissement et d'exploitation**

En plus des entretiens avec les fabricants, les recherches menées sur ce thème ont inclus l'analyse des dossiers de demande de subvention reçus par l'ADEME.

Ces recherches ont abouti à trois types de résultats :

- Une liste de fabricants ;
- Une liste des installations de déconditionnement ;
- Le recensement des études de référence.

2.3. Entretiens avec les acteurs de la filière

Afin de recueillir les informations nécessaires à la qualification de la filière, des entretiens téléphoniques ont été réalisés avec les acteurs de la filière :

- Après de l'ensemble des fabricants recensés, dont certains ont finalement été considérés comme hors champ de l'étude ;
- Après des gestionnaires de sites afin de parfaire l'étude des installations en activité.

Ces entretiens ont été enrichis par les échanges au sein du comité de pilotage.

2.3.1. Fabricants d'équipement de déconditionnement

L'étude des équipements de déconditionnement s'appuie sur des entretiens réalisés avec les fabricants ou leurs représentants en France. Des entretiens téléphoniques ont été préférés, plutôt que des rencontres en face-à-face. En effet, seule cette approche permet de garantir une égalité de traitement de nos interlocuteurs, qu'ils soient présents sur le territoire français ou pas.

Chaque fois que cela a été possible, les échanges directs avec le fabricant ont été privilégiés, parfois représenté par sa filiale française. Quand cela n'a pas été réalisable, les revendeurs ayant l'exclusivité en France ont été sollicités.

Un questionnaire a été construit afin d'assurer l'homogénéité des réponses. Ce questionnaire contient des éléments précis sur :

- La présentation de l'entreprise, ses références ;
- Le circuit de distribution en France ;
- La maturité de l'équipement ;
- La description de l'équipement ;
- La typologie des déchets acceptés ;
- Les caractéristiques techniques ;
- Le fonctionnement en mode dégradé et utilisation quotidienne ;

- Les coûts ;
- La documentation disponible.

Le questionnaire ([Annexe n°1](#)) a également été traduit en anglais et en allemand, pour répondre aux demandes de certains interlocuteurs.

2.3.2. Enquête et visites de sites

Cinq installations ont été sélectionnées par l'ADEME pour faire l'objet d'enquêtes téléphoniques et bénéficier de visites. L'objectif est de décrire précisément les types d'installation de déconditionnement existants à travers les visites de ces sites. À cette occasion, des essais ont été menés aboutissant à des prélèvements de pulpe organique et de refus afin de faire procéder à leur analyse par un laboratoire spécialisé. La création de chacune de ces installations a été subventionnée par l'ADEME. Leurs exploitants ont tous répondu favorablement à la demande de participation à l'étude que leur a soumise l'ADEME.

L'intérêt des enquêtes téléphoniques et des visites est double :

- Présenter et décrire le fonctionnement des installations de déconditionnement ;
- Apporter des éléments sur la performance des équipements de déconditionnement.

Cette partie de l'étude a été lancée lors de la deuxième réunion du comité de pilotage, le 1er mars 2016. Le comité de pilotage avec les exploitants des sites a validé au cours du mois de mars le protocole d'intervention sur site et le questionnaire à soumettre aux exploitants. Ces éléments ont été transmis aux référents de chaque site. Les visites se sont déroulées entre le 19 avril et le 3 mai 2016. Les résultats provisoires des essais ont été réceptionnés début juillet et les rapports du laboratoire le 14 août.

Un rapport d'étude spécifique complète ce présent rapport, il comprend notamment :

- Le protocole d'intervention ;
- L'analyse des réponses aux questionnaires sur le fonctionnement de l'installation soumis à chaque exploitant ;
- Le détail des essais menés et des résultats des analyses physico-chimiques des échantillons prélevés lors des essais ;
- La réalisation d'une vidéo de présentation pour chaque installation visitée.

3. Méthodologie

3.1. Sélection des équipements

Parmi la liste des fabricants recensés, douze ont été sélectionnés. Leurs équipements sont présentés sous la forme d'une fiche de synthèse détaillée. De plus, l'analyse des données collectées a permis de produire des comparaisons sur les différents indicateurs de performance des technologies.

Pour permettre la sélection des équipements, des critères ont été définis en accord avec le comité de pilotage :

- 1^{er} critère - Présence sur le marché français
 - Au moins un équipement est implanté en France ;
 - Ou il y a un projet d'installation sur un site ;
 - Ou un revendeur est présent en France.
- 2^{ème} critère - Élimination des équipements présents uniquement sur le marché américain
- 3^{ème} critère - Maturité de l'équipement
 - Élimination des équipements en cours de développement ;
 - Élimination des équipements qui ont été commercialisés puis retirés du marché ;
 - Prise en considération du nombre d'équipements installés en Europe et dans le monde.

Un 4^{ème} critère s'est imposé : les fabricants n'ayant pas donné de réponse quant à la passation du questionnaire dans les délais impartis par l'étude (après trois mois d'attente) ont dû être éliminés.

3.2. Indicateurs de performance utilisés

La performance des équipements de déconditionnement est évaluée en fonction du taux de captation et d'épuration, qui sont respectivement le rapport entre :

- Les quantités de matière organique séparée et de matière organique du flux entrant ;
- Les quantités de refus séparés et de refus du flux entrant.

Pour calculer ces deux taux, il est nécessaire de connaître la caractérisation précise du flux entrant. La caractérisation de ce flux étant complexe, ces deux taux sont évalués sur les flux sortants. Les indications et garanties apportées par les fabricants sont généralement exprimées suivant :

- Le taux de matière organique dans le flux sortant de refus ;
- Le taux d'impuretés de la matière organique séparée.

Lors des essais menés sur quatre installations de déconditionnement, des analyses ont été réalisées uniquement sur les flux sortants. Les taux de captation et d'épuration présentés ont donc été estimés en reconstituant le flux entrant.

- Éléments pour calculer le taux de captation :

Quantité de matière organique du flux entrant : somme du poids de la matière organique séparée et des refus prélevés, multiplié par le taux de matière organique dans les refus.

Quantité de matière organique séparée : pesée du lot de l'essai.

- Éléments pour calculer le taux d'épuration :

Quantité de refus du flux entrant : somme du poids des refus et du poids de la matière organique séparée prélevée multiplié par le taux de refus dans la matière organique séparée.

Quantité de refus séparés : pesée d'un lot représentant une activité plus ou moins longue.

Ces indicateurs peuvent être communiqués sur matière sèche ou brute. Il est systématiquement précisé dans le présent rapport si les taux présentés sont calculés sur matière sèche ou brute.

3.3. Présentation et utilisation des données communiquées par les fabricants

L'enquête menée auprès des fabricants a permis de renseigner une base de données consolidant les informations détaillées relatives à chaque entreprise et au produit qu'elle propose. Cette base de données permet :

- De comparer les caractéristiques de chaque équipement ;
- D'établir des classifications ;
- De remplir une fiche de synthèse pour chaque équipement.

Dans la suite de l'étude, les équipements de déconditionnement seront comparés suivant leur classification, et non nominativement. Les caractéristiques de chaque équipement sont présentées dans les « fiches de synthèse » ([Annexe n° 2](#)). Les fiches de synthèse ont été relues par chaque fabricant pour valider les données présentées.

3.4. Modalités de l'enquête et de la visite de site

3.4.1. Préparation et organisation des visites

Plusieurs entretiens ont eu lieu pour préparer les visites et l'essai à réaliser. Ils ont eu notamment pour objet de valider le plan d'échantillonnage.

Le mode d'échantillonnage retenu est conforme :

- Pour la matière organique à la norme européenne relative à l'échantillonnage des déchets (NF EN 14899) ;
- Pour les refus, à celle relative à l'échantillonnage des CSR (NF EN 15442).

Lors des visites, deux intervenants et un opérateur vidéo étaient présents. Le temps de présence sur site n'a pas excédé 4 heures conformément au protocole établi. Pour chaque flux à échantillonner un rapport d'échantillonnage a été remis au référent du site, au laboratoire et au comité de pilotage. Ce rapport est conforme à l'annexe B de la norme EN 14899.

Deux questionnaires ont pu être remplis lors des visites. Les deux autres n'ont pas pu être complétés dans le temps imparti à l'étude. Le questionnaire porte principalement sur le bilan quantitatif annuel d'exploitation.

3.4.2. 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 nécessité de reconstituer la composition du flux entrant à partir des flux sortants de l'équipement ;
- La configuration des sites et les possibilités d'effectuer des prélèvements successifs.

Deux situations sont considérées selon les possibilités offertes sur chaque site pour mettre en œuvre les prélèvements :

- 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.

3.4.3. Réalisation des analyses physico-chimiques

Les échantillons prélevés en vue d'une analyse physico-chimique sont transmis au laboratoire d'analyses. Il prend en charge les analyses physico-chimiques des échantillons prélevés et l'établissement des rapports d'analyses. Il participe également à l'interprétation des résultats et à leur présentation dans le rapport final de l'étude.

- **Qualité de la pulpe**

Les analyses menées établissent : le pouvoir méthanogène, les teneurs en matière sèche et organique ainsi que les teneurs en inertes indésirables résiduels.

La détermination de la teneur en indésirables est effectuée selon la norme NFU 44-164. Les résultats présentés sont ainsi classifiés par type conformément à la norme NFU 44-051. 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 analyses menées établissent : les teneurs en matière sèche et organique, les teneurs en inertes indésirables résiduels, et le PCI (pouvoir calorifique inférieur). Pour déterminer l'intérêt éventuel pour une valorisation énergie, une analyse de la teneur en chlore est réalisée.

3.4.4. Prise de photos et réalisation de vidéos

Les modalités de réalisation des vidéos sont validées avec le comité de pilotage et les gestionnaires des sites. La réalisation des vidéos a suivi le même protocole pour chaque site. Elles présentent : la zone de réception, les moyens de chargement, la ligne de déconditionnement dans son ensemble et chaque étape pour chaque flux, les flux issus du déconditionnement et leur moyen de stockage. Chaque vidéo dure environ 2 minutes et fait l'objet d'un montage validé avec les exploitants. Elles sont présentées en annexe du rapport final spécifique à cette partie de l'étude.

4. Confidentialité

Compte tenu du caractère fortement concurrentiel du secteur étudié, une attention particulière a été portée au cadrage de la confidentialité des données. Celle-ci se décline sur les deux volets, fabricants et exploitants.

4.1. Fabricants

Les informations communiquées par les fabricants qui sont mises à la disposition des lecteurs sont de deux natures :

- Les données brutes relatives au fonctionnement de la machine seront présentées dans la fiche de synthèse ;
- Les documents techniques ou commerciaux qui auront été qualifiés de « publics » par les fabricants figureront dans un fonds documentaire transmis à l'ADEME.

De même, le choix de la photographie illustrant la fiche de synthèse relève du fabricant afin que chacun puisse illustrer de manière représentative la solution mise en place.

4.2. Exploitants

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

4.2.1. Modalités de validation des règles de confidentialité

Les règles de confidentialité présentées ci-dessous ont été proposées et discutées en comité de pilotage. Pour ce qui concerne les sites en exploitation, le comité de pilotage a demandé des limitations importantes :

- La confidentialité de données supplémentaires à celles initialement proposées par l'ADEME ;
- La suppression de certaines informations du questionnaire utilisé, en particulier, les informations relatives aux investissements effectués pour le développement du site ;
- Un droit de regard sur les vidéos avant leur publication, voire pour certains avant transmission à l'ADEME.

Les règles de confidentialité des échanges avec les référents des sites ont été précisées avant l'intervention sur site dans le protocole de l'enquête téléphonique et de la visite de 5 sites.

Enfin, les contraintes de confidentialité définies pour la restitution des travaux dans le rapport public imposent que la lecture des résultats ne permette pas de faire le lien avec un site donné.

4.2.2. Données issues des entretiens

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

- La nature et aux quantités de biodéchets traités ;
- La capacité horaire et journalière de l'équipement de déconditionnement ;
- Le bilan matières en % PB (produit brut) et % MS (matière sèche) des entrants ;
- Les qualités des entrants et sortants ;
- La consommation d'énergie.

4.2.3. Données issues des essais réalisés

L'ensemble des données, hors vidéos, issues des visites et des essais menés est considéré comme confidentiel. Aucune référence au nom du site ou à l'équipement n'est indiquée.

Chaque référent des sites a été destinataire du rapport d'analyses du laboratoire. Les plans et les rapports d'échantillonnage validés avant la visite et transmis après celle-ci au comité de pilotage, aux référents et au laboratoire ne sont pas présentés.

DEUXIÈME PARTIE : LES EQUIPEMENTS DE DÉCONDITIONNEMENT

Cette partie présente d'une part l'inventaire effectué et l'état des lieux du développement des équipements de déconditionnement, d'autre part les différentes technologies de déconditionnement et leurs caractéristiques techniques. Ces deux derniers chapitres ont pour objectif de mettre en évidence les éléments clefs de la [note de recommandations lors du choix d'un équipement de déconditionnement de biodéchets](#).

5. État des lieux

Ce chapitre présente le recensement des fabricants d'équipement de déconditionnement ainsi que la sélection opérée sur cette liste pour établir des fiches de synthèses détaillées. Il décrit également le développement de la filière et l'état des lieux de l'activité avec un focus sur la France.

5.1. Les fabricants

Les recherches bibliographiques et les différents échanges avec les acteurs de la filière ont permis de recenser vingt fabricants d'équipement de déconditionnement répondant à la définition de la présente étude. Ce chiffre reste proche du recensement effectué par Recyc-Québec² (19 fabricants) en tenant compte des différences de périmètre entre les deux études, notamment :

- La prise en compte de la technologie hydromécanique ;
- Les restrictions sur les déchets acceptés (équipement traitant tous types de biodéchets emballés) ;
- Trois fabricants proposant un équipement similaire ont été retenus.

5.1.1. Liste des 20 fabricants recensés

Chaque fabricant recensé propose une seule référence d'équipement. Cependant, pour cinq d'entre elles, les références représentent une gamme d'équipements identiques mais de capacité différente (fabricants Atritor, Hybag, BTA International, Huber technology, BELLMER KUFFERATH). Dans la suite de l'étude, les équipements sont cités par le nom du fabricant.

Il est à noter que :

- Parmi les vingt équipements recensés, trois fabricants proposent un équipement similaire (Haarslev Industries, Huning, WackerBauer). Ces trois équipements sont de conception identique en tout point. La liste est donc composée de vingt fabricants et de dix-huit équipements.
- Deux équipements (db technologie et Goodtech Environment Ab) semblent en cours de développement. Ils sont recensés mais ne semblent pas encore disponibles sur le marché. Pour ce second fabricant, le stade de développement semble plus avancé, mais il n'a pas pu être établi si une installation est en activité.
- Deux équipements hydromécaniques ont été intégrés à cette liste (BTA International et Komptech). Cette technologie se distingue des autres puisqu'elle permet de traiter des quantités plus importantes de biodéchets et ne semble pas rentable pour le traitement d'un flux unique de biodéchets emballés. Néanmoins, la maturité de ces équipements, les a amenés à être intégrés dans la présente étude.

² [Chamard, Technologies de déemballage des produits alimentaires périmés, RECYC-QUÉBEC, août 2015.](#)

Le tableau ci-après présente la liste des 20 fabricants. Les équipements faisant l'objet d'une fiche de synthèse détaillée (voir chapitre 5.1.2) sont présentés sur fond gris. Les références représentant une gamme d'équipement sont indiquées par une étoile.

Entreprise	Siège de l'entreprise	Référence de l'équipement ou de la gamme	Classification
Atritor	Angleterre	<i>Turbo Separator*</i>	<i>Broyeur séparateur</i>
BELLMER KUFFERATH	Allemagne	<i>AKUPRESS® AS*</i>	<i>Broyage puis compression (presse à vis)</i>
BTA International	Allemagne	<i>Pré-traitement hydro-mécanique*</i>	<i>Hydromécanique</i>
Cesaro	Italie	<i>Tiger HS 640</i>	<i>Broyeur séparateur</i>
db technologies	Angleterre	<i>Orex press :En cours de développement industriel</i>	<i>Broyage puis compression (presse à piston)</i>
DODA	Italie	<i>Bio separator*</i>	<i>Broyeur séparateur</i>
Finsterwalder	Allemagne	<i>Separation Press BS200</i>	<i>Broyage puis compression (presse à piston)</i>
Goodtech Environment Ab³	Finlande	<i>BioSep®</i>	<i>Broyeur séparateur</i>
GreenCREATIVE	France	<i>FLEXIDRY®</i>	<i>Broyage puis compression (rouleau compresseur)</i>
Haarslev Industries	Danemark	<i>Waste Food Depacker</i>	<i>Broyeur séparateur</i>
Huber technology	Allemagne	<i>STRAINpress®*</i>	<i>Broyage puis compression (presse à vis)</i>
Huning	Allemagne	<i>Separating crusher</i>	<i>Broyeur séparateur</i>
Hybag	Suisse	<i>System Tutto*</i>	<i>Broyeur séparateur</i>
Komptech	Autriche	<i>Bio all-rounder</i>	<i>Hydromécanique</i>
Mavitec	Pays-Bas	<i>Biodeconditionneur™</i>	<i>Broyage puis compression (presse à vis)</i>
Putzmeister	Allemagne	<i>EKO 1260 TP</i>	<i>Broyage puis compression (presse à piston)</i>
SMICON	Pays-Bas	<i>SMIMO</i>	<i>Broyeur séparateur</i>
SpiralTrans	Suède/ France	<i>OrgaSep®</i>	<i>Broyeur séparateur</i>
Tietjen	Allemagne	<i>DRM - Hybrid</i>	<i>Broyeur séparateur</i>
WackerBauer	Allemagne	<i>Separation Mill TM 75</i>	<i>Broyeur séparateur</i>

Tableau 1 : Inventaire des équipements de déconditionnement

³ Ce fabricant semble associé à Norks Biogass.

5.1.2. Sélection de fabricants

Une sélection a été opérée dans la liste pour mener avec les fabricants des entretiens plus poussés. Outre la réalisation de fiches de synthèse détaillées ([voir annexe 2](#)), cette action vise :

- La présentation des caractéristiques et les performances de chaque technologie ;
- La prise en considération des retours d'expérience.

Les critères de sélection établis sont décrits dans la partie méthodologique du présent rapport (voir chapitre 4.1) et résumé ci-dessous :

1. L'équipement correspond à la définition posée par la présente étude (voir chapitre 1.1) ;
2. L'équipement est en activité sur une installation en France ;
3. L'équipement est proposé sur le marché français par le fabricant ou un revendeur ;
4. La liste est limitée à au plus 13 fabricants, le cas échéant, la maturité de l'équipement détermine la sélection ;
5. Le fabricant ou le revendeur sont réactifs pour répondre à l'étude (3 mois de délai pour commencer à répondre au questionnaire).

Le tableau ci-après présente une hiérarchisation des fabricants en fonction des critères de sélection :

- Disponibilité en France ;
- Equipement installé ou testé en France ;
- Premier critère de maturité (nombre d'équipements en activité dans le monde) ;
- Deuxième critère de maturité (développement international).

Cette hiérarchisation a pour seul objectif de permettre au comité de pilotage de l'étude de déterminer les fiches de synthèses qui seront réalisées.

	Entreprise	Référence	Revendeur France	Disponibilité en France	Equipement installé ou testé en France	Nombre de sites dans le monde	Développement hors d'Europe
1	Atritor	Turbo Separator	Hantsch	Oui	Oui	> 100	Oui
2	Cesaro	Tiger HS 640	W41TP	Oui	Oui	> 50	Oui
3	Hybag	System Tutto	Fabricant	Oui	Oui	> 50	Oui
4	SMICON	SMIMO120	Vannier Tri Solutions	Oui	Oui	> 20 ?	Oui
5	Putzmeister	EKO 1260 TP	Fabricant	Oui	Oui	> 10	Oui
6	BELLMER KUFFERATH	AKUPRESS® AS	W41TP	Oui	Oui	> 10	Oui
7	Komptech	Bio all-rounder	Hantsch	Oui	Oui	10 <	Oui
8	GreenCREATIVE	FLEXIDRY®	Fabricant	Oui	Oui	10 <	Non
9	SpiralTrans	OrgaSep®	Fabricant	Oui	Oui	10 <	Non
10	BTA International	Hydromechanical Pre-treatment	Fabricant	Oui	Non	> 50	Oui
11	Mavitec	Biodeconditionneur™	Ideal Technologies	Oui	Non	> 30	Oui
12	Haarslev Industries	Waste Food Depacker	Fabricant	Oui	Non	> 30	Oui
13	Huber technology	STRAINpress®	Fabricant	Oui	Non	10 <	Oui

	Entreprise	Référence	Revendeur France	Disponibilité en France	Équipement installé ou testé en France	Nombre de sites dans le monde	Développement hors d'Europe
14	DODA	Bio separator	Non trouvé	Oui	Non	?	Oui
15	WackerBauer	Separation Mill TM 75	Non	Non	Non	> 30 ?	Oui?
16	Tietjen	DRM - Hybrid	Aucun	Non	Non	> 10	Non
17	Finsterwalder	Separation Press BS200	Non trouvé	Inconnue	Non	?	?
18	Huning	Separating crusher	Non trouvé	Inconnue	Non	?	?
19	Goodtech Environment Ab	BioSep®	Non trouvé	Non	Non	?	?
20	db technologies	Orex press	Non trouvé	Non	En cours de développement	0	?

Tableau 2 : Hiérarchisation des équipements de déconditionnement pour permettre une sélection en vue de réaliser des fiches de synthèse

Sur la base de ces critères, 14 fabricants ont été présélectionnés. Deux de ces fabricants (DODA, SpiralTrans) n'ont pas répondu au questionnaire dans le temps imparti à l'étude. Le nombre de fabricants dont les équipements font l'objet d'une fiche détaillée a donc été ramené à 12. Dans la suite du rapport, pour chaque classification ou comparaison effectuées, il est précisé si elles sont réalisées sur : l'ensemble des fabricants recensés (n=20) ; l'ensemble des équipements (n=18) ; les équipements présélectionnés (n=14) ; sur ceux faisant l'objet d'une fiche détaillée (n=12).

5.1.3. Représentativité de la sélection

Le tableau ci-dessous présente le nombre d'équipements, par catégorie, recensés, présélectionnés et sélectionnés.

Catégorie	Sous-catégorie	Nombre d'équipements recensés	Nombre d'équipements présélectionnés	Nombre d'équipements sélectionnés
Broyeur séparateur		9	7	5
Broyage puis compression	Presse à vis	3	3	3
	Presse à piston	3	1	1
	Autres systèmes de compression	1	1	1
Hydromécanique		2	2	2
Total		18	14	12

Tableau 3 : Représentativité de la sélection d'équipement

5.1.4. Équipements non retenus lors du recensement

Les équipements de certains fabricants ont été considérés comme ne rentrant pas dans le périmètre de l'étude. Les motivations du retrait de l'inventaire sont brièvement exposées dans le tableau ci-dessous. Cette liste ne comprend pas les équipements traitant des monoflux. La liste ci-dessous ne présente que les fabricants ayant été recensés dans des études et présentés comme équipement de déconditionnement.

Entreprise	Siège de l'entreprise	Revendeur France	Référence de l'équipement	Citation dans une étude de référence	Classification de la technique de séparation	Élément justifiant le non-recensement
HSM	Allemagne	HSM France SAS	HSM URP-S-600	WRAP 2009	Presse à piston	Ne semble pas traiter tous les types de biodéchets emballés de la GMS.
Doppstadt	Allemagne		BIOPRESS DBP 205	Non	Presse à vis	Le fabricant a indiqué que l'équipement a été retiré de la vente en 2016
Hybag	Suisse	Aucun	Unpacking press	Recyc-Quesbec 2015	Presse à vis	Ne semble pas traiter tous les types de biodéchets emballés de la GMS.
JWCE	USA		Zero Waste Monster	Massachusetts 2014	Trommel	Ne semble pas traiter tous les types de biodéchets emballés de la GMS.
Rothenburg	Allemagne		Unpacking systems	WRAP 2009		Pas de documentation technique sur le site du fabricant
Brask enterprises	USA		Xcycler	Massachusetts 2014		Pas de documentation technique sur le site du fabricant

Tableau 4 : Exemple d'équipements non retenus lors du recensement

5.2. Etat du marché

Dans ce chapitre, la classification des techniques de déconditionnement présentée dans le chapitre 6.1 est reprise pour décrire l'état du marché.

5.2.1. Cœur de métier des fabricants

Le domaine d'activité principal de neuf des fabricants d'équipement de déconditionnement s'identifie au large panel des métiers de la gestion des déchets. Pour cinq de ces fabricants, le cœur de métier est principalement ou uniquement la gestion des déchets organiques. L'activité de deux d'entre eux est restreinte aux équipements des unités de méthanisation ou à leur conception.

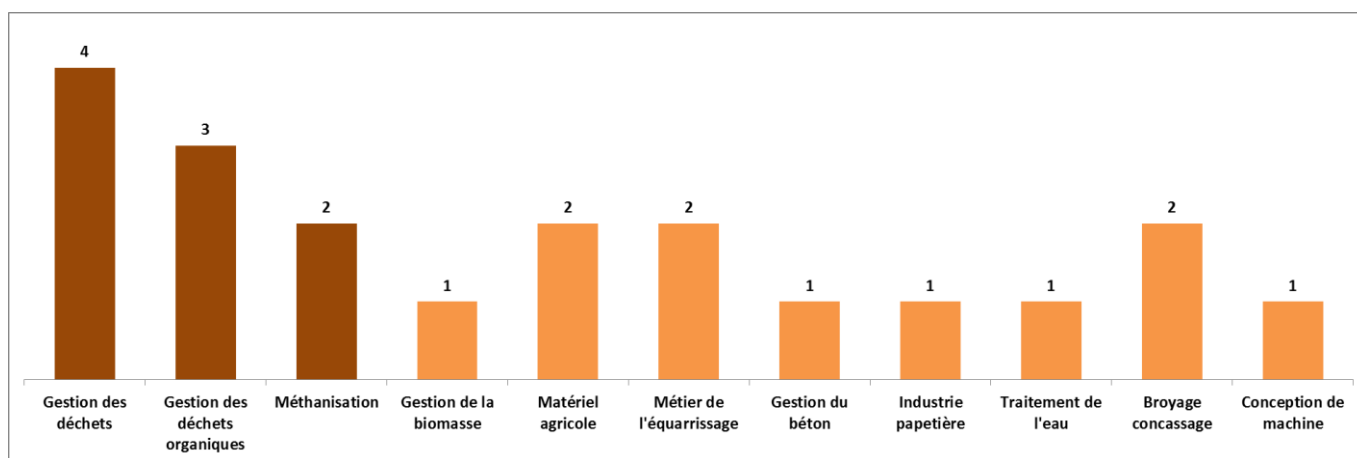


Figure 3 : Activité principale des fabricants (en marron les activités liées à la gestion des déchets) [n=20]

Le domaine d'activité principal de la majorité des fabricants n'est donc pas la gestion des déchets. Ces domaines reflètent la diversité des métiers intéressés par la chaîne de production alimentaire et la valorisation des déchets organiques.

Les structures des fabricants sont de tailles très variables allant d'entreprises de plus de mille salariés à une dizaine. Néanmoins, leurs chiffres d'affaires dans le domaine de la gestion des déchets ne sont pas proportionnels à leur taille. Les plus grandes entreprises fabriquant des équipements de déconditionnement ne sont pas obligatoirement celles réalisant le plus gros chiffre d'affaires dans ce domaine.

Le graphique ci-après présente les réponses apportées par les douze fabricants sélectionnés à la question sur le chiffre d'affaires réalisé dans le domaine de la gestion des déchets. L'un d'entre eux n'a pas communiqué de réponse. Pour deux autres, il n'a pas été possible de restreindre le chiffre d'affaires à la gestion des déchets. Le domaine de la gestion des déchets retenu couvre la gestion des boues de station d'épuration hors activités de métiers de l'équarrissage ou de concassage des déchets inertes. La gestion des déchets comprend l'ensemble des besoins pour les activités allant de la collecte au traitement des déchets et la gestion des résidus de traitement.

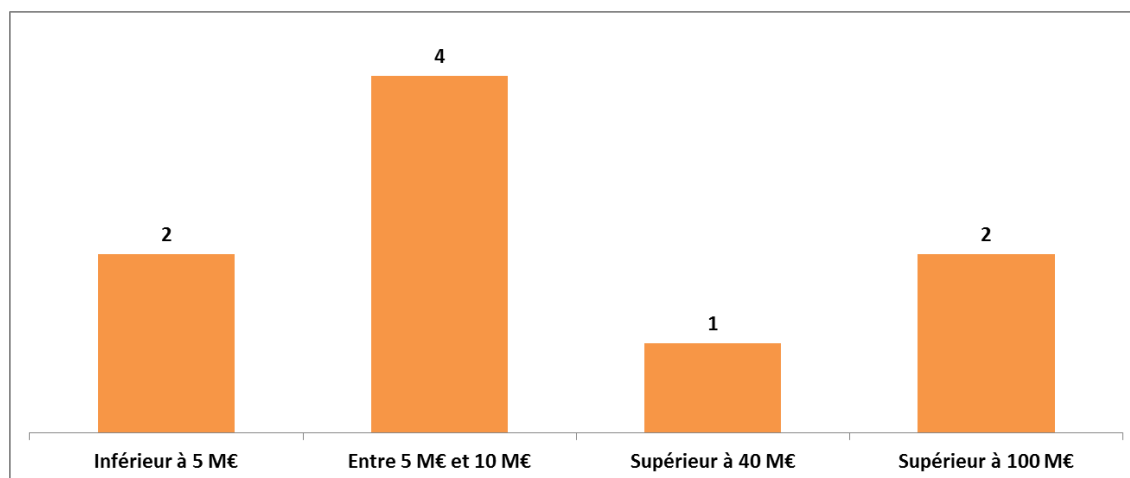


Figure 4 : Chiffre d'affaires des fabricants dans le domaine de la gestion des déchets [n=9]

La majorité des fabricants réalise des chiffres d'affaires inférieurs à dix millions d'euros. Les fabricants réalisant un chiffre d'affaires supérieur à 40 millions d'euros agissent dans des domaines spécifiques à partir desquels la grande partie de ce résultat est obtenue (équipement de plateforme de compostage, de l'industrie papetière et la gestion des déchets pâteux).

5.2.2. Historique du développement

Au-delà des fabricants précurseurs qui ont proposé des équipements dès les années 1990, le développement des technologies de déconditionnement peut être résumé en trois temps :

- Dans les années 1990, les fabricants de presses à vis issus de l'activité de traitement de l'eau adaptent leurs machines pour traiter les biodéchets dans le cadre du développement des filières de méthanisation en Allemagne et dans les pays du nord de l'Europe. Une technologie « hydromécanique » et une technologie « broyeur séparateur » sont déjà disponibles sur le marché avant cette période. Ces deux équipements ont également été adaptés pour le traitement des biodéchets, n'étant pas conçus initialement spécifiquement pour ce type de déchets triés à la source.
- Sur la période 2000-2010, les technologies se diversifient (9 équipements créés) et voient un fort développement des équipements de type « broyeur séparateur ». Un équipement de type « hydromécanique » et un de type « presse à vis » sont également créés.
- Enfin, depuis 2010, seul un équipement a été mis sur le marché en 2015. Il propose une nouvelle technique de déconditionnement par compression. Il est de plus à noter qu'un fabricant développe également une nouvelle presse à piston.

Le graphique ci-après présente la répartition par période des années de création des équipements des quatorze fabricants présélectionnés.

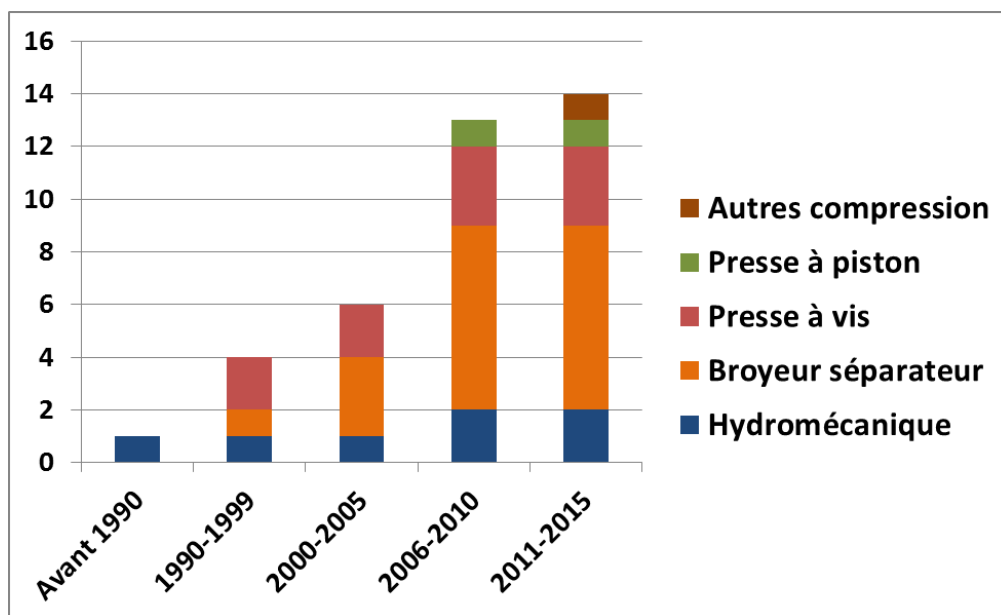


Figure 5 : Évolution du nombre d'équipements de déconditionnement commercialisés [n=14]

5.2.3. Nombre d'équipements en activité

Le tableau ci-dessous présente les réponses des douze fabricants sur le nombre de sites au sein desquels un ou des équipements de déconditionnement sont installés, ainsi que sur un équipement présélectionné. Ce relevé ne prend pas en compte les sites ne traitant que des monoflux de biodéchets. Il a été demandé au fabricant le nombre de sites traitant des biodéchets dont des biodéchets emballés de la GMS.

Technologie	Nombre de sites installés en France	Nombre de sites installés en Europe	Nombre de sites installés dans le monde
« Broyeur-séparateur »	20	269	313
Hydromécanique	1	45	56
Presse à vis	2	35	89
Presse à piston	1	10	10
Autres « Compression »	3	4	4
Total général	27	363	435

Tableau 5 : Nombre d'équipements de déconditionnement implantés en France, en Europe et dans le Monde en 2015 [n=13]

Au total, en 2015, les fabricants étudiés représentent 435 équipements en activité dans le monde dont 363 en Europe. Le marché européen est dominé par les technologies type « broyeur séparateur » avec 74 % des installations en activité. Trois acteurs dominent le marché des d'équipements de ce type (84 % des « broyeurs séparateurs » en activité).

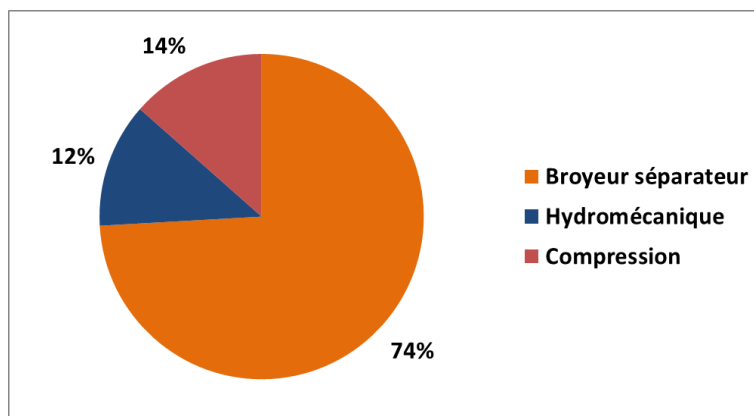


Figure 6 : Répartition des différentes technologies selon le nombre d'installations en activité en Europe [n=13]

En ce qui concerne la France métropolitaine, des recherches plus détaillées ont été menées pour établir une liste des installations de déconditionnement en activité en 2016. Trente-deux installations ont été recensées dont deux en cours de construction sans qu'il puisse être affirmé que cette liste soit exhaustive.

Le graphique ci-dessous présente la répartition des technologies en France pour les 26 installations en activité à l'intérieur desquelles la technologie a pu être identifiée. Elle se démarque de celle européenne par un non-recours à la technologie hydromécanique ainsi qu'une plus grande part de la catégorie compression, notamment par la création récente d'installations recourant à une nouvelle technologie de compression.

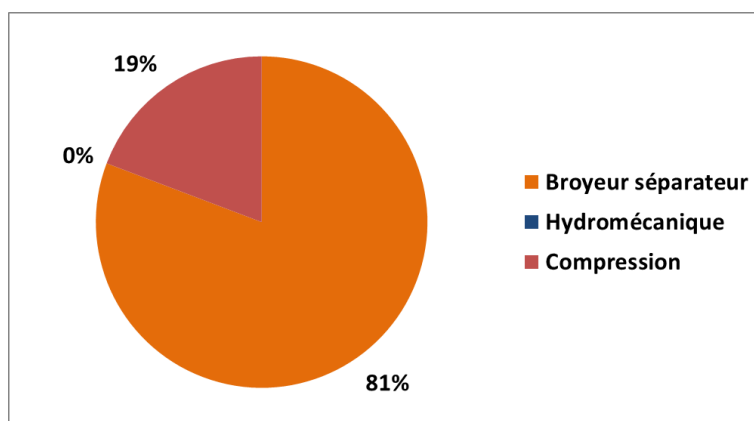


Figure 7 : Répartition des différentes technologies selon le nombre d'installations en activité en France métropolitaine [n=26]

Le tableau ci-après détaille la répartition par sous-catégories des 32 installations recensées en 2016 en France métropolitaine. Pour compléter ces informations, il est précisé que :

- Les équipements déconditionnement après passage par un broyeur séparateur n'ont pas été comptabilisés ;
- Un équipement de déconditionnement de type hydromécanique a fermé en 2015 pour des raisons économiques et il n'est donc pas comptabilisé ;
- Le périmètre se limite à la France métropolitaine (pas de prise en compte d'un équipement de type « presse à piston » hors de ce périmètre) ;
- Le type d'équipement utilisé n'a pas pu être identifié sur 5 installations.

Catégorie	Sous-catégorie	Répartition des équipements installés sur des sites en activité et en construction
Broyeur-séparateur		66 %
Broyage puis compression	Presse à vis	9 %
	Presse à piston	0 %
	Autres systèmes de compression	9 %
Hydromécanique		0 %
Non identifié		16 %

Tableau 6 : Répartition des différentes technologies par sous-catégories selon le nombre d'installations en activité et en construction en France métropolitaine en 2016 [n=32]

La capacité de traitement totale théorique de ces installations, basées sur 250 jours de fonctionnement 8 heures par jour calculée en fonction de la capacité indiquée par les fabricants en tonnes par heure, est estimée à 440 000 tonnes/an. Pour établir cette estimation, il a été retenu une capacité de traitement de 10 000 tonnes/an pour les équipements non identifiés.

Comme le montre le graphique ci-dessous, ces installations sont principalement installées sur des plateformes de compostage ou des unités de méthanisation. 7 installations, qualifiées d'indépendantes, ne sont pas implantées sur de tels sites. Elles sont implantées sur un site multi-activités d'autre type ou totalement indépendante.

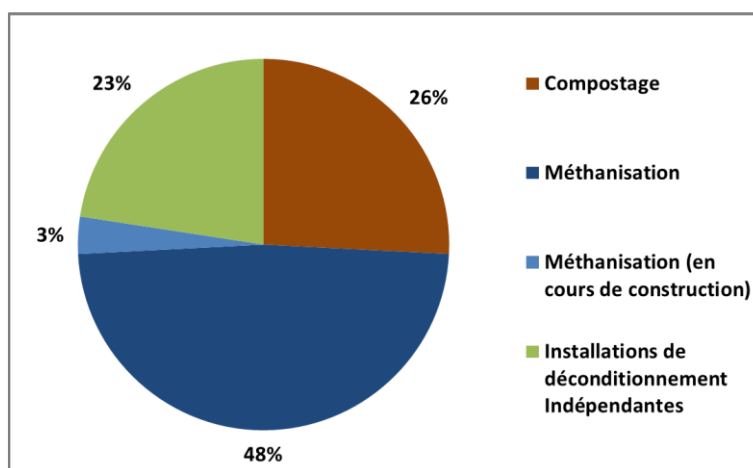


Figure 8 : Répartition des installations de déconditionnement par type d'implantation en France métropolitaine [n=31]

6. Techniques de déconditionnement

Le présent chapitre décrit les différentes étapes et technologies de déconditionnement. Il propose également une classification des technologies.

6.1. Description des différentes étapes et classification des différentes technologies

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 les valoriser en plateforme de compostage ou dans des unités de méthanisation. Elle transforme également la matière organique sous la forme de pulpe, c'est-à-dire une matière organique réduite en bouillie.

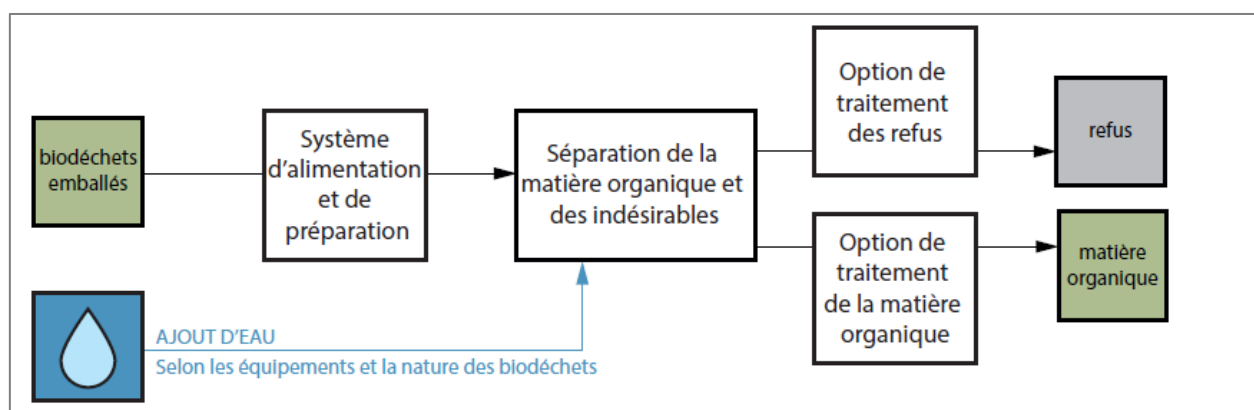


Figure 9 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement

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 système d'épuration des inertes fins de la matière organique et éventuellement d'un système de lavage des refus.

Pour certains équipements, un ajout d'eau est nécessaire en fonction des biodéchets à traiter ou pour atteindre les performances de déconditionnement. L'eau du procédé de déconditionnement est systématiquement réutilisée. Il n'y a aucun effluent liquide à gérer.

Ces équipements sont alimentés en électricité.

- **Alimentation de la ligne et préparation du flux à traiter**

Le premier étage d'une ligne de déconditionnement, avant d'entrer dans le processus de séparation à proprement parler, est composé d'une trémie d'alimentation. Elle peut être de différents types, posée ou enterrée, couverte ou non, ou intégrée. Elle peut être suivie d'une phase de préparation avant déconditionnement. La préparation peut consister à homogénéiser et/ou malaxer le flux entrant, ajouter de l'eau ou encore retirer certains types d'indésirables (notamment récupération manuelle, détecteur de métaux ou de gros éléments, dé-ensachage).

La phase de préparation peut également consister en un broyage préliminaire (voir point suivant).

- **Séparation de la matière organique et des refus**

Trois techniques existent pour séparer la matière organique de ses emballages indésirables. Elles font toutes intervenir un système s'apparentant à un broyage comme première étape (dans ce cas, il peut être considéré comme une préparation) ou unique étape.

La séparation est systématiquement effectuée par l'intermédiaire d'un crible dans lequel la matière organique passe et qui retient les indésirables. La taille de la maille varie selon les technologies et les équipements. Le passage à travers le crible est effectué :

- Lors du broyage, la technologie de séparation est alors appelée « broyeur séparateur » dans la présente étude ;
- Après broyage, dans un équipement de « compression » (presse à vis, presse à piston, rouleau compresseur) ;

- Après broyage, ou non, dans un pulpeur, équipement ayant une action « hydromécanique ».

Les techniques de séparation de la matière organique et des indésirables, et donc les équipements de déconditionnement, sont classifiées comme suit dans le tableau ci-après.

Catégorie	Sous-catégorie
Broyeur séparateur	
Broyage puis compression	Presse à vis
	Presse à piston
	Autres systèmes de compression
Hydromécanique	

Tableau 7 : Classification des technologies de déconditionnement

- **Traitement de la matière organique (option)**

Le traitement de la matière organique après séparation a lieu principalement à la suite d'un déconditionnement hydromécanique. Il consiste à épurer la matière organique des inertes fins.

De plus, sur certaines lignes de déconditionnement intégrant un broyeur séparateur, la matière organique séparée peut subir une seconde épuration à travers une presse à vis.

- **Traitement des refus (option)**

Une fois séparés de la matière organique, les refus peuvent suivre un cycle de lavage. L'objectif de cette étape optionnelle est double :

- Permettre un stockage facilité des refus nettoyés de la matière organique ;
- Améliorer le taux de récupération de la matière organique en réinjectant les effluents de lavage dans le processus de déconditionnement ;

Quatre techniques ont été identifiées :

- Lavage à l'intérieur des broyeurs séparateurs ;
- Tambours de lavage avec ajout d'eau chaude ;
- Pressage des refus légers sur des lignes de déconditionnement hydromécaniques ;
- Décantation et lavage des gros refus.

6.2. Alimentation et préparation du flux à traiter

6.2.1. Trémie d'alimentation

Différentes trémies sont disponibles en fonction du projet développé et de l'équipement de déconditionnement :

- Enterrée ;
- Posée avec ou non système de basculement ;
- Intégrée à l'équipement.

Elles peuvent disposer d'un système de fermeture pour limiter les émissions olfactives. Tous les fabricants proposent une trémie de base et différentes options.

Les trémies peuvent également être équipées de plusieurs vis pour effectuer des actions d'homogénéisation et de malaxation.

6.2.2. Malaxation et homogénéisation

Ces équipements sont la plupart du temps en option selon le projet développé mais peuvent également être directement intégrés. L'action se matérialise par l'entraînement et la trituration des biodéchets emballés par la rotation d'une simple ou de plusieurs vis. Cette action est généralement effectuée dans la trémie d'alimentation mais peut également être réalisée lors du convoyage ou une trémie intermédiaire.

Ces procédés de malaxation et d'homogénéisation permettent notamment d'ouvrir les sacs poubelle, de pré-réduire certains éléments et de mélanger les matières entre elles pour améliorer la séparation. Dans le cas des lignes de déconditionnement intégrant un équipement de compression, l'homogénéisation est obtenue lors du broyage.

6.2.3. Protection des équipements

Certains fabricants préconisent l'installation de systèmes de protection en amont du broyage de la ligne :

- La mise en place d'un détecteur de métaux pour limiter l'usure ou la casse du broyeur et des équipements suivants - particularité relevée sur des lignes intégrant une presse à vis et sur un broyeur séparateur ;
- La limitation des grands sacs plastiques - particularité relevée sur des lignes intégrant des systèmes de compression ;
- L'éjection des gros éléments - particularité relevée sur des lignes intégrant un système de rouleau compresseur ;
- La mise en place d'un broyeur lent à cisailles rotatives en amont d'un broyeur séparateur - particularité relevée sur un seul de ces équipements.

6.3. Broyage

L'étape de broyage est essentielle dans le processus de déconditionnement. D'une part, elle permet de réduire, ou préparer à la réduction, sous forme de pulpe la matière organique. D'autre part, plus le broyage est performant plus il limite la création de petits morceaux d'emballage, permettant une épuration efficace. L'action de broyage est donc à considérer de manière distincte en fonction de son effet sur la matière organique et sur les emballages. Les techniques de broyage employées sont différentes selon les technologies de déconditionnement.

• Les broyeurs des lignes de déconditionnement intégrant un équipement de compression

Six des sept fabricants d'équipements de séparation par compression ont répondu de manière détaillée aux questions sur la technique de broyage utilisée. L'objectif de cette étape est la préparation du flux de biodéchets à traiter par une homogénéisation et une ouverture des contenants. La réduction en pulpe de la matière organique est notamment finalisée lors de la compression.

Quatre des fabricants ont recours à des équipements classiques de broyage lent (< 50 tr/min) par cisailles rotatives. Ils permettent un déchiquetage des déchets et une réduction par morceau d'une certaine taille. Robustes, ils acceptent tout type de déchets entrants.

Les deux autres fabricants ont opté pour des techniques différentes de broyage et précisent que leur technique de broyage se distingue par la conception :

- Pour l'un, d'un broyeur lent (< 50 tr/min) permettant un écrasement des emballages tout en déchiquetant la matière organique, l'objectif est de limiter l'action de déchiquetage des emballages (une détection des gros éléments est également intégrée à cet équipement permettant leur évacuation avant broyage) ;
- Pour l'autre, d'un broyeur rapide (> 500 tr/min) basé sur le principe des marteaux oscillants, permettant lors de la compression des déchets à l'intérieur du broyeur de limiter le déchiquetage des emballages en produisant un effet de lacération, tout en déchiquetant la matière organique.

• Les broyeurs des lignes de déconditionnement intégrant un équipement hydromécanique

L'un des deux fabricants précise que l'ensemble des biodéchets traités par le pulpeur passe préalablement par un équipement classique de broyage lent (< 50 tr/min) par cisailles rotatives. L'autre fabricant, a indiqué qu'un broyage sur

une partie du flux entrant pouvait éventuellement être effectuée pour éviter l'introduction de gros éléments (> 250 mm) dans le pulpeur. L'action de réduction de la matière organique sous forme de pulpe, et d'ouverture des emballages, est principalement effectuée dans le pulpeur lors de l'agitation. Cette action s'apparente également à un broyage.

- **Les broyeurs séparateurs**

L'action de broyage de ces équipements répond à plusieurs objectifs :

- Réduire sous forme de pulpe la matière organique ;
- Entraîner les emballages vers l'extrémité de l'équipement ;
- Limiter le déchiquetage des emballages.

Pour l'ensemble de ces équipements, le broyage est effectué dans un cylindre équipé en son axe d'un arbre rotatif doté de marteaux ou couteaux. Selon les équipements, ils peuvent avoir des formes variées allant d'un rectangle de métal d'une certaine épaisseur à des cylindres ou des pales. L'action de broyage est effectuée à vitesse élevée (> 500 tr/min).

La disposition des marteaux ou des couteaux permet d'entraîner les emballages vers l'extrémité du cylindre tout en les découpant. Le cylindre peut être positionné verticalement (cas de deux équipements parmi les 9 recensés), l'éjection des emballages s'effectuant alors par le haut.

L'effet de déchiquetage des emballages dans ces équipements peut être limité par la forme des marteaux et la vitesse de rotation de l'arbre.

- **Non-recours au broyeur**

Dans deux cas seulement, il a été constaté une possibilité de non-recours au broyage :

- Dans une ligne hydromécanique pour les éléments inférieurs à 250 mm de diamètre qui ne passent pas par le broyage ;
- La disponibilité d'un équipement séparant les petits éléments des gros lors du convoyage d'alimentation permet le broyage d'une partie du flux, l'autre partie étant directement traitée par un équipement de compression.

6.4. Séparation lors du broyage

Les broyeurs séparateurs effectuent de manière simultanée le broyage ainsi que la séparation de la matière organique et des refus. Le schéma d'une ligne de déconditionnement générique intégrant un broyeur séparateur est présenté ci-dessous.

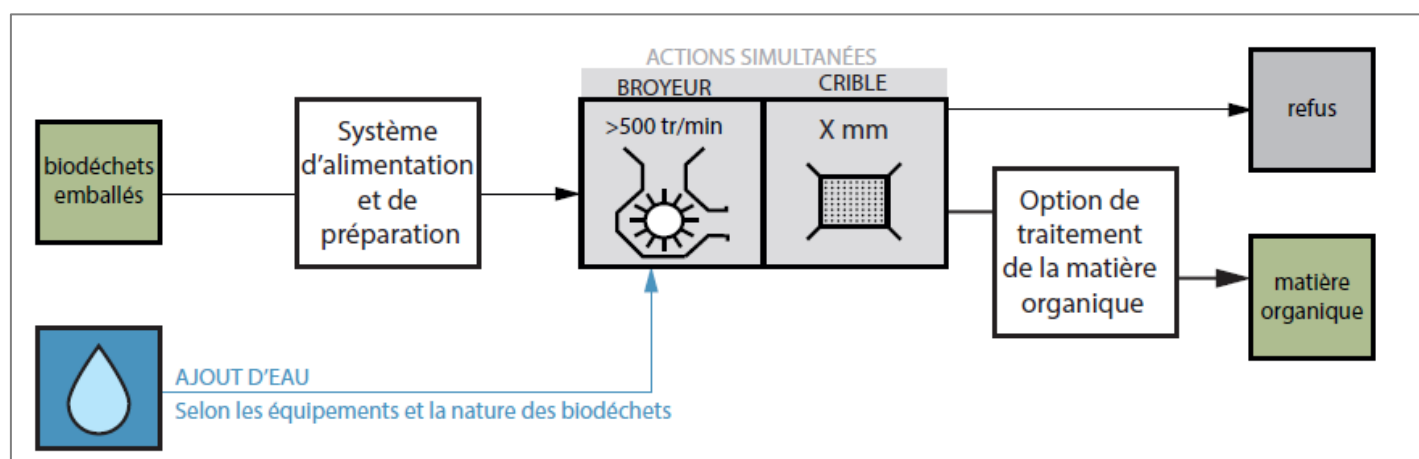


Figure 10 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement intégrant un broyeur séparateur

Ce type de ligne intègre généralement un équipement de préparation pour homogénéiser et malaxer les biodéchets à traiter avant d'alimenter le broyeur séparateur.

La rotation rapide des marteaux à l'intérieur du cylindre de broyage permet de réduire en pulpe la matière organique et de la faire passer, par force centrifuge, gravitationnelle et par compression, à travers les mailles du crible. Celui-ci

recouvre tout ou partie du cylindre de broyage selon les équipements. Un des équipements étudiés intègre un crible rotatif.

Si l'ajout d'eau est effectué lors du broyage, plusieurs équipements permettent le lavage des refus pendant leur éjection du cylindre de broyage. Ils permettent ainsi d'optimiser le taux de récupération de la matière organique.

Il est à noter qu'il a été relevé plusieurs cas où une presse à vis a été intégrée dans la ligne de déconditionnement afin d'affiner l'épuration de la matière organique sortant du broyeur séparateur. Ce système est notamment proposé par un fabricant de broyeur séparateur.

6.5. Séparation par compression

Dans ces équipements, la séparation de la matière organique est effectuée après le broyage par une action de compression sur un crible.

Les lignes de déconditionnement les intégrant nécessitent peu de préparation des biodéchets entrants, celle-ci étant effectuée lors du broyage avant compression. Compte tenu des performances d'épuration affichées, les fabricants ne proposent pas d'équipement d'affinement de l'épuration de la matière organique. Une option de lavage des refus est par contre proposée par un fabricant.

Trois techniques de compression ont été définies : presse à vis, presse à piston et autres compressions.

6.5.1. Presse à vis

L'alimentation de la presse s'effectue en continu. La forme de la vis conique et une soupape ou un cône de contre-pression à l'extrémité de la presse permettent de compresser les biodéchets contre le crible et d'extraire les refus. La petite taille des mailles du crible de ces équipements se distingue par rapport à celle d'autres technologies.

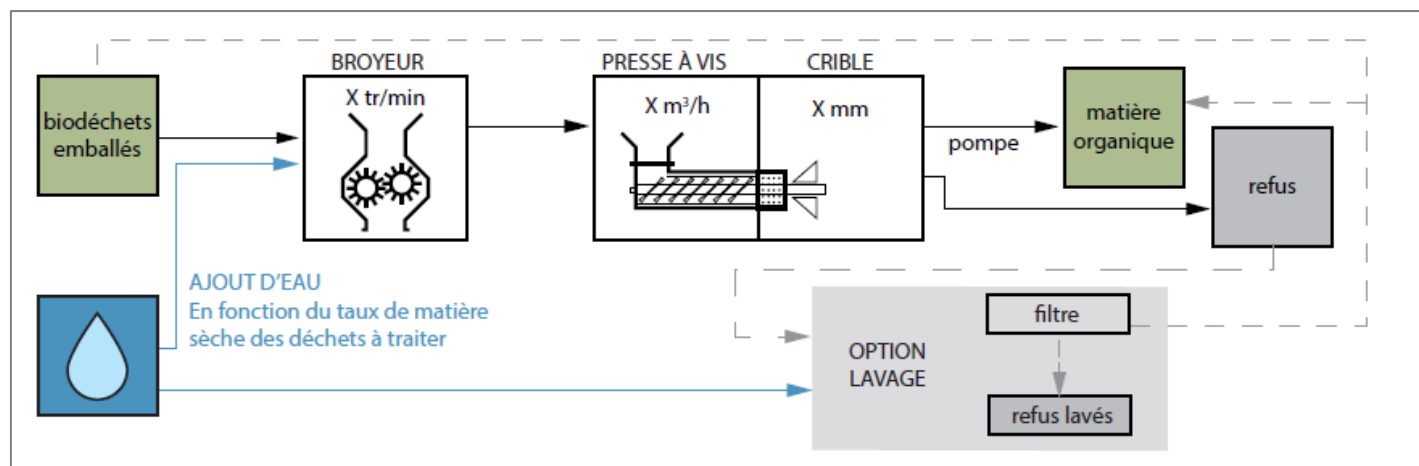


Figure 11 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement intégrant une presse à vis

6.5.2. Presse à piston

Ces équipements nécessitent l'ajout d'un gaveur dans la ligne de déconditionnement pour remplir la chambre d'alimentation de la presse. Une fois rempli, le piston comprime les déchets contre une glissière dans un tube perforé. Une fois la compression terminée, la glissière s'ouvre pour éjecter les refus.

Le schéma et la description de cet équipement sont présentés dans sa fiche de synthèse.

6.5.3. Autres compressions

Un seul équipement fait partie de cette catégorie. La séparation s'effectue par un rouleau compresseur sur un crible rotatif. Deux systèmes de brossage permettent respectivement, à l'intérieur du trommel, l'avancée des déchets et le nettoyage des emballages, et à l'extérieur du trommel son nettoyage.

Le schéma et la description de cet équipement sont présentés dans sa fiche de synthèse.

6.6. Hydromécanique

Dans ces équipements, la réduction en pulpe de la matière organique a lieu dans un pulpeur. Trois flux sortent du pulpeur : des refus lourds et légers ainsi que des matières organiques filtrées. Chacun de ces flux est ensuite traité séparément :

- Les refus, pour être lavés et épurés de la matière organique par pressage, criblage et système de décantation passif ;
- La matière organique pour passer dans un système de décantation actif ou passif, créant un troisième flux de refus (inertes fins).

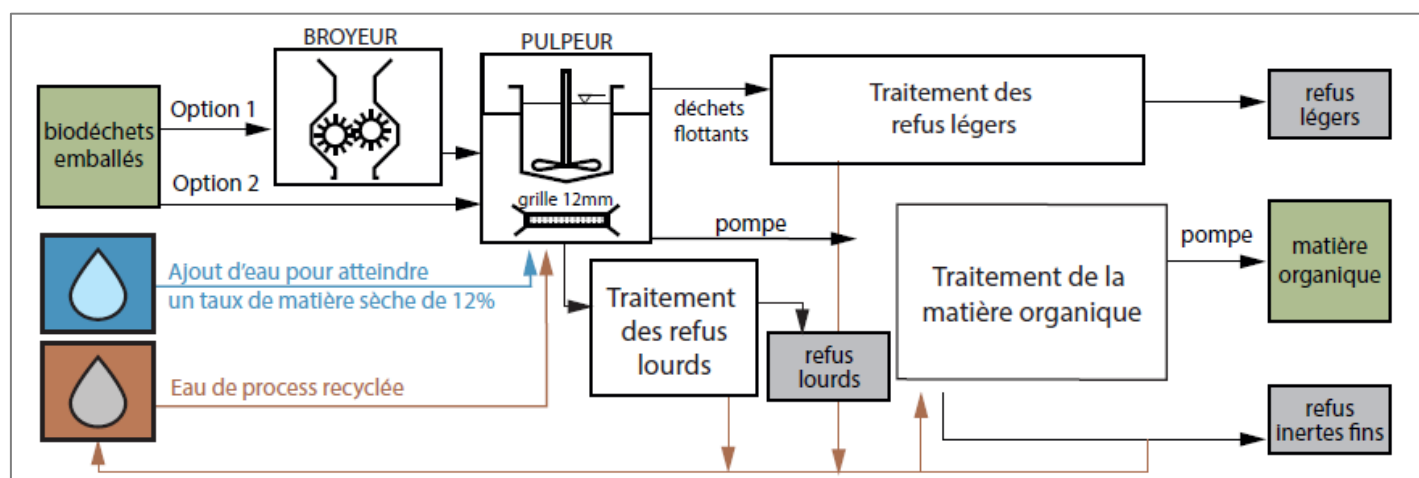


Figure 12 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement hydromécanique

6.7. Comparaison de la taille des mailles du crible de chaque technologie

9 fabricants parmi les quatorze présélectionnés proposent plusieurs tailles de maille pour les cribles. Les cribles peuvent être changés rapidement après arrêt et lavage de l'équipement dans la majorité des cas.

La taille du crible influe sur deux paramètres :

- La capacité de traitement de la ligne (plus la maille est petite plus la capacité de traitement sera réduite) ;
- La qualité de la séparation (plus la maille est petite, plus l'épuration sera efficace).

Le tableau ci-dessous présente les différentes tailles de maille moyenne des équipements sélectionnés et présélectionnés en fonction de la technique de déconditionnement. Il est à noter que pour les lignes de déconditionnement hydromécanique, après filtration à 12 mm, la matière organique subit d'autres étapes d'épuration des indésirables.

Technique de séparation	Maille la plus petite de la catégorie	Moyenne des mailles les plus petites	Moyenne des mailles les plus grandes
Broyeur séparateur	6,5 mm	11,0 mm	23,7 mm
Presse à vis	1,0 mm	3,0 mm	10,3 mm
Presse à piston	8,0 mm	8,0 mm	10,0 mm
Compression	8,0 mm	8,0 mm	8,0 mm
Hydromécanique	12,0 mm	12,0 mm	12,0 mm

Tableau 8 : Comparaison de la taille des mailles des cribles des équipements sélectionnés [n=14]

6.8. Pilotage des équipements

Les fabricants proposent tous un panneau de contrôle permettant le pilotage manuel de l'équipement. Ils peuvent prendre plusieurs formes en fonction des besoins de l'installation allant de simples boutons à un logiciel de programmation de l'équipement et une supervision via un écran tactile. Si des configurations de fonctionnement sont programmables sur certains équipements, le pilotage et le choix du programme restent manuels.

Un seul fabricant propose une gestion automatisée permettant l'ajout d'eau en fonction de certains paramètres.

La supervision de l'équipement s'effectue via le retour d'informations classiques variables d'un équipement à l'autre. Des capteurs sont positionnés notamment pour relever : la consommation électrique, le temps de fonctionnement, l'intensité de certains moteurs et la température d'échauffement de certaines parties de l'équipement. La supervision peut être plus poussée pour les lignes de déconditionnement hydromécaniques.

Les principales modalités de réglages pilotables depuis le panneau de contrôle sont variables d'un équipement à l'autre. Ces réglages concernent notamment :

- La vitesse des convoyeurs d'alimentation ;
- La vitesse de rotation du broyeur ;
- Les marteaux du broyeur ;
- La pression exercée lors d'une séparation par compression ;
- L'inclinaison de l'équipement (un fabricant) ;
- Le réglage de l'ajout d'eau ou la programmation de séquence de lavage.

6.9. Convoyeurs et systèmes de pompage

Plusieurs systèmes de convoyage entre les différents éléments de la ligne de déconditionnement sont nécessaires. Les fabricants peuvent proposer plusieurs types de moyens de convoyage adaptés à chaque installation.

- **Liaison entre la trémie d'alimentation et l'équipement de déconditionnement**

Le transfert des biodéchets depuis la trémie est majoritairement effectué par un convoyeur à vis fermé. Néanmoins, deux fabricants proposent une alimentation par convoyeur à tapis.

Lors de ce convoyage, deux actions peuvent être effectuées :

- Une malaxation et une homogénéisation, cas d'un convoyeur double vis ;
- Une récupération des jus sous le convoyeur.

- **Liaison entre l'équipement de déconditionnement et le stockage des refus**

Le transfert des refus depuis la sortie de l'équipement de déconditionnement vers les équipements de stockage est majoritairement effectué par un convoyeur à vis fermé. Néanmoins, deux fabricants proposent un convoyeur à tapis pour effectuer cette liaison.

Une récupération de l'eau de lavage des refus peut avoir lieu lors de ce convoyage.

- **Liaison entre l'équipement de déconditionnement et le stockage de la matière organique**

Compte tenu du taux de matière sèche de la matière organique séparée et de sa réduction sous forme de pulpe en sortie de déconditionnement, le convoyage s'effectue majoritairement par pompage. Néanmoins, un système de convoyage par vis peut être effectué. Un fabricant propose cette option.

Il est rappelé que pour choisir le système de pompage, quatre paramètres sont à considérer : la densité, la viscosité, le taux de matière sèche et le taux d'indésirables.

7. Caractéristiques techniques des équipements de déconditionnement

Le présent chapitre décrit les principaux indicateurs de performance des équipements de déconditionnement. Il est rappelé que l'étude n'a pas pour but de valider ou discuter les performances annoncées par les fabricants. Néanmoins, pour certains paramètres, des informations sont communiquées afin de mieux appréhender les données présentées. Ces informations proviennent du retour d'expériences communiqué par les fabricants lors des entretiens et des échanges avec les gestionnaires de site.

Les critères suivants ont été retenus pour évaluer la performance d'une ligne de déconditionnement :

- Acceptabilité de biodéchets entrants, pour mettre en évidence quelles peuvent être les restrictions sur les flux réceptionnés ;
- Capacité de traitement, pour évaluer le temps de traitement des biodéchets réceptionnés ;
- Qualité de la pulpe organique, et notamment son taux d'indésirables ;
- Qualité des refus, et notamment la quantité de matière organique perdue ;
- Qualité du broyage pour limiter la création d'éléments fins ;
- Consommation d'eau, pour évaluer la qualité du lavage des refus, les contraintes sur le transport ou l'adaptabilité à différentes techniques de valorisation matière ;
- Consommation d'énergie, pour évaluer la performance de la valorisation des biodéchets ;
- Coûts d'investissement et de maintenance, pour évaluer sa rentabilité.

7.1. Acceptabilité des flux entrants

7.1.1. Biodéchets difficiles à traiter

Trois types de biodéchets s'avèrent particulièrement difficiles à séparer des indésirables :

- Les fruits et légumes à peau dure (exemple : agrumes, feuilles d'ananas, pastèques et melons) ;
- Les os de viande ;
- Les coquilles de fruits de mer et autres crustacés.

Il n'est aucunement question d'un problème d'acceptation de ces biodéchets mais du fait que de par leur densité, ils se retrouvent en partie dans les refus.

Il est important de noter que les coquilles ou les os sont des éléments inertes sans intérêt pour la production de méthane. De même, pour la fabrication d'amendements organiques leur intérêt est spécifique à certains sols (exemple : apport calcaire des coquilles d'huîtres sur des sols acides). Le maintien de ces éléments dans les consignes de tri facilite le tri à la source et son adoption.

Ces éléments durs peuvent être traités correctement s'ils ne sont pas présents en grande quantité et que les biodéchets sont malaxés préalablement pour répartir ces éléments. La difficulté provient de la nécessité de limiter le broyage pour éviter de déchiqueter de manière trop importante les emballages, mais qui peut s'avérer insuffisante pour traiter ce type de produits. De fait, ils se retrouvent en partie dans les refus. Les réponses apportées par les fabricants sont présentées dans le tableau ci-dessous.

À noter, que parmi les quatre réponses apportées par les fabricants de broyeurs séparateurs, l'un indique reconnaître les éléments durs comme biodéchets, un deuxième l'inverse. Pour les deux autres, l'un indique reconnaître potentiellement les agrumes uniquement comme refus et l'autre uniquement les os et coquilles.

Catégorie	Sous-catégorie	Équipement ne reconnaissant pas ces éléments comme des refus	Biodéchets potentiellement reconnus comme des erreurs		
			Agrumes	Coquilles	Os
Broyeur séparateur		1	2	2	2
Broyage puis compression	Presse à vis	0	3	3	3
	Presse à piston		1	1	1
	Autres systèmes de compression		1	1	1
Hydromécanique			1	1	1

Tableau 9 : Comparaison des équipements au regard des biodéchets difficiles à traiter [n=10]

Dans une moindre mesure les produits « pâteux » (exemple banane, fromage et beurre) en grande quantité peuvent boucher les grilles sur certains équipements (signalés par des fabricants de broyeur séparateur). Pour un fabricant utilisant un broyeur lent, la viande crue peut également être considérée comme un refus.

7.1.2. Impuretés difficiles à séparer

Trois types d'indésirables peuvent poser principalement un problème de traitement : le verre ou équivalent, les métaux et les sacs plastiques de gros volumes.

Pour le verre, seuls les fabricants de lignes hydromécaniques indiquent ne pas rencontrer de problématique de pollution de la matière organique en cas d'erreur de tri. Ces lignes intègrent en effet des systèmes actifs ou passifs de décantation pour récupérer les éléments lourds et fins de la matière organique. Tous les autres fabricants indiquent que tout ou partie du verre se retrouve dans la matière organique. Le verre ne bloquera pas le processus de traitement mais aucune garantie n'est apportée sur le fait qu'il soit bien orienté dans les refus. Ainsi, le verre ou équivalent fait l'objet de consigne de tri à la source assez stricte par les exploitants de sites envers leurs clients. Il est également à noter que les fabricants signalent que le verre entraîne une usure plus rapide de leur équipement, notamment sur les systèmes de pompage de la matière organique.

Deux fabricants (d'un broyeur séparateur et d'une presse à vis) indiquent que des quantités de métaux trop importantes ou régulières dans le flux risquent d'endommager l'équipement. Ils préconisent la mise en place d'un détecteur de métaux en amont du broyeur. Les fabricants des autres broyeurs séparateurs et le fabricant de l'équipement classé comme « autres compressions », indiquent que leur équipement peut traiter des monoflux de boîtes de conserve.

Sur les équipements de compression, la présence de sacs plastiques de gros volumes doit être limitée pour ne pas altérer les performances. Sur l'ensemble des équipements, un enroulement de plastiques est souvent constaté autour du broyeur ou de la vis d'alimentation, altérant la performance du déconditionneur ou entraînant un arrêt.

7.1.3. Taux de matière sèche du flux réceptionné et ajout d'eau

8 des 12 équipements sélectionnés nécessitent un ajout d'eau si le taux de matière sèche du flux entrant est supérieur à une certaine valeur. Le chapitre suivant, consacré à la consommation d'eau, détaille l'ensemble des modalités d'ajout d'eau.

Quel que soit le taux de matière sèche du flux entrant, il est accepté par tous les équipements. Néanmoins, lors des phases de préparation ou lors du traitement un ajout d'eau peut être nécessaire pour permettre le déconditionnement.

7.2. Capacité de traitement

La capacité de traitement des lignes de déconditionnement dépend de plusieurs paramètres, principalement de :

- La qualité et la densité du flux de biodéchets à traiter ;
- La quantité d'eau à ajouter ;
- La vitesse de rotation du broyeur ;
- La taille des mailles du crible de l'équipement de déconditionnement.

Ci-dessous sont présentées, les indications pour apprécier la capacité de traitement en tonnes de matière brute présentée par les fabricants. La capacité de traitement présentée considère un flux de biodéchets emballés à traiter. Cette capacité peut significativement varier, à la hausse ou à la baisse, en fonction du taux de matière sèche et d'indésirables du flux à traiter ainsi que son conditionnement en sac.

- **Broyeur séparateur**

4 fabricants sur 5 indiquent leur capacité de traitement en tonne par heure et un en m³/h. Pour ce dernier, une densité du flux de biodéchets apportés par le convoyeur d'alimentation de 0,5 a été considérée.

- **Rouleau compresseur sur crible**

La capacité de la dernière version de cet équipement est présentée.

- **Presse à vis**

Un fabricant indique la capacité de traitement en tonne par heure et les deux autres en m³/h. Pour ces deux derniers, la capacité de traitement exprimée en m³/h de la presse a été retenue. Il a été considéré que la densité du flux de biodéchets après broyage est de 1,0 et que le système d'alimentation de la presse est réglé pour atteindre sa pleine capacité de traitement.

- **Presse à piston**

La capacité de traitement de cet équipement dépend du temps de chaque cycle de compression, qui lui-même dépend de la qualité du flux de biodéchets et de la densité du flux introduit dans la chambre de compression.

- **Hydromécanique**

Un fabricant indique sa capacité de traitement en t/heure, l'autre en t/an. Pour estimer la capacité de traitement en t/heure de ce dernier, ont été retenus : le temps de traitement du contenu du pulpeur (12 m³ en 25 min) et un taux de matière sèche moyen du flux à traiter de 17 % ainsi qu'une densité de 0,85 dans le pulpeur.

Catégorie	Sous-catégorie	Capacité de traitement			
		= < 5t/h	= <7 t/h	=< 10 t/h	=< 15 t/h
Broyeur séparateur		0	1	3	1
Broyage puis compression	Presse à vis	0	2	1	0
	Presse à piston	1	0	0	0
	Autres systèmes de compression	1	0	0	0
Hydromécanique		0	0	0	2

Tableau 10 : Classification des lignes de déconditionnement en fonction de leur capacité [n=12]

7.3. Qualité des flux sortants

7.3.1. Performance des broyeurs

La performance des broyeurs peut être regardée en considérant leur capacité à limiter le déchiquetage des indésirables. La comparaison des refus observés pendant l'étude fait apparaître une grande diversité de leur état selon les équipements, allant de la paillette à de grands lambeaux.

La qualité du broyage est l'une des étapes clefs pour garantir les performances de séparation.

7.3.2. Taux de captation de la matière organique

Le taux de captation de la matière organique est indiqué par les fabricants en considérant que les consignes d'utilisation sont respectées.

Le tableau ci-dessous synthétise les données présentées par les fabricants sur ce taux par type de technologie. Les conditions d'exploitation et la qualité des biodéchets à traiter sont déterminantes pour atteindre ces performances.

Catégorie	Sous-catégorie	Précision sur le taux de captation non disponible	Taux de captation > 85 %	Taux de captation > 90 %	Taux de captation > 95 %
Broyeur séparateur		1	1	2	1
Broyage puis compression	Presse à vis	1	1	1	0
	Presse à piston	1	0	0	0
	Autres systèmes de compression	1	0	0	0
Hydromécanique		1	0	1	0

Tableau 11 : Performance pour la captation de la matière organique des lignes de déconditionnement [n=12]

7.3.3. Taux d'impuretés de la matière organique récupérée

Le taux d'impuretés de la matière organique est indiqué par les fabricants en considérant que les consignes d'utilisation sont respectées, notamment concernant la limitation des emballages en verre ou équivalent. Le taux d'impuretés prend en compte les éléments supérieurs à 2 mm : en verre, métallique et en plastique exprimé sur taux de matière sèche.

Le taux d'impuretés ne prend pas en compte les déchets inertes (cailloux et calcaires). De plus, la comparaison de ces valeurs avec les limites de la norme NFU 44-051 pour les indésirables est à considérer en tenant compte des éléments suivants :

- Cette norme s'applique au compost, alors que le flux de matière organique sortant d'un équipement de déconditionnement est un déchet à traiter ;
- La matière organique issue des installations de déconditionnement est ensuite mélangée à des biodéchets d'autres provenances avant traitement par compostage ou méthanisation ;
- Des équipements avant méthanisation ou compostage peuvent affiner l'épuration (presse, systèmes de décantation, filtration) ;
- Des équipements après méthanisation ou compostage peuvent affiner l'épuration (presse, filtration, tamisage).

Le taux d'impuretés des composts et digestats obtenus peut ainsi être inférieur à celui de la pulpe en sortie des installations de déconditionnement.

Le tableau ci-dessous synthétise les données présentées par les fabricants sur le taux d'impuretés par type de technologie. Les conditions d'exploitation et la qualité des biodéchets à traiter sont déterminantes pour atteindre ces performances.

Catégorie	Sous-catégorie	Précision sur le taux d'impuretés non disponible	Taux d'impuretés < 3 %	Taux d'impuretés < 1 %	Taux d'impuretés < 0.5 %
Broyeur séparateur		2	1	2	0
Broyage puis compression	Presse à vis	1	0	1	1
	Presse à piston	1	0	0	0
	Autres systèmes de compression	0	0	0	1
Hydromécanique		0	0	2	0

Tableau 12 : Performance pour l'épuration de la matière organique des lignes de déconditionnement (taux d'impuretés exprimé sur matière sèche) [n=12]

7.4. Consommation d'eau

7.4.1. Provenance de l'eau

Il est important de rappeler que l'eau consommée par les lignes de déconditionnement n'est pas obligatoirement de l'eau potable. En effet, les sites sur lesquels elles sont implantées disposent de nombreuses sources possibles d'eau de pluie, de procédé ou de lavage. Cette eau peut notamment provenir du :

- Lavage des contenants de transport des biodéchets jusqu'au site (seulement en cas d'utilisation de produits biodégradables, sinon risque d'impact négatif sur la flore bactérienne en compostage/méthanisation) ;
- Lavage du site (pratique non recommandée : risque d'hydrocarbures et cf. ci-dessus) ;
- Bassin de rétention de l'eau de pluie, notamment sur une plateforme de compostage ou une unité de méthanisation ;
- Procédé de déconditionnement lui-même, ou de la plateforme de compostage, ou de l'unité de méthanisation ;

Les exploitants peuvent également disposer de stocks de boissons liquides (jus de fruits, sodas ...) à traiter dont le mélange avec certains flux permet de réduire le taux de matière sèche. Ils peuvent également être amenés à réceptionner des matières organiques liquides ou de l'eau chargée de l'industrie agroalimentaire qui sont mélangées aux biodéchets entrants.

Ainsi, les exploitants et les fabricants ont indiqué au cours de l'étude que le besoin en eau potable est quasi inexistant mis à part pour le lavage des contenants ou des équipements et dans certains cas pour le lavage des refus.

7.4.2. Enjeux de l'ajout d'eau

En premier lieu, l'ajout d'eau a une influence sur la performance économique de la filière dans laquelle la ligne de déconditionnement s'intègre. Il influe en effet sur :

- La capacité de traitement de l'équipement ;
- Le dimensionnement des équipements de stockage de la matière organique ;
- La technologie de pompage retenue ;
- Le taux de récupération de la matière organique.

De plus, dans le cas où l'installation de déconditionnement n'est pas implantée sur un site de méthanisation ou de compostage, l'ajout d'eau influe directement sur la performance logistique entre ces sites. L'ajout d'eau, en augmentant les quantités de matière organique, influe également sur le coût d'hygiénisation et de traitement des biodéchets.

En second lieu, l'ajout d'eau permet d'atteindre les performances optimums de l'équipement notamment en facilitant l'écoulement de la matière organique ou en nettoyant le crible de certains équipements.

Enfin, l'ajout d'eau peut répondre à un besoin des installations de compostage ou de méthanisation pour permettre le traitement. Il est rappelé ci-dessous le taux de matière sèche optimum des déchets à traiter pour trois types d'installations :

- Méthanisation par voie sèche, entre 15 et 50 % (moyenne 30 %) ;
- Méthanisation par voie liquide, entre 10 et 15 % (<15 %) ;
- Compostage, entre 40 et 50 %.

7.4.3. Ajout d'eau en fonction des caractéristiques des biodéchets à traiter

À la question sur les modalités d'ajout d'eau, 70 % des fabricants interrogés indiquent que le taux de matière sèche détermine principalement les quantités à ajouter. Pour autant, il est important de rappeler que la densité, la viscosité, le taux d'indésirables des biodéchets à traiter sont également importants à prendre en compte.

De plus, il est rappelé que le taux de matière sèche est influencé par le taux de matière grasse. Un taux de matière sèche élevé n'implique pas un flux automatiquement non visqueux (ex : le taux de matière sèche des huiles alimentaires usagées est de 97 %).

Ainsi même si une précision est fournie sur le taux de matière sèche, la diversité des flux de biodéchets ne permet pas au fabricant de fournir une indication sur les quantités d'eau à ajouter. Seuls deux fabricants ont communiqué une indication sur les quantités d'eau à ajouter :

- Pour l'un, « *en cas de produit sec à traiter, environ 10 m³/h d'eau* » ;
- Pour l'autre, « *jusqu'à 200 litres pour un taux de matière sèche de 35 %* ».

La quantité d'eau à ajouter peut être importante pour diminuer le taux de matière sèche. Par exemple, pour faire passer le taux de matière sèche d'une tonne de biodéchets de 17 % (taux moyen des biodéchets de la GMS) à 12 %, environ 416 litres d'eau doivent être ajoutés.

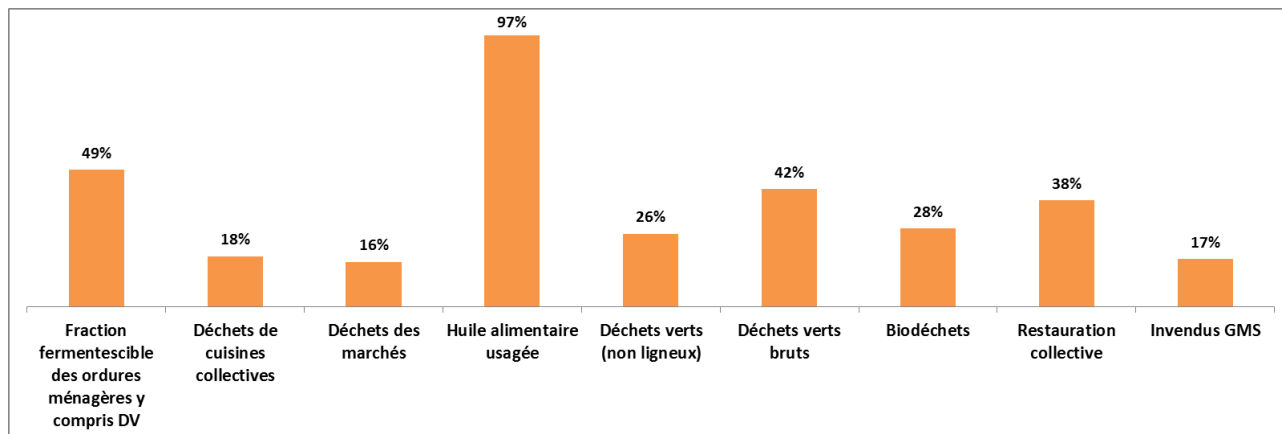


Figure 13 : Taux de matière sèche de différents types de biodéchets (*Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation*, SOLAGRO et INDDIGO, ADEME, 2013)

Le tableau ci-dessous résume les réponses apportées par les fabricants sélectionnés sur les conditions d'ajout d'eau. Hors équipement hydromécanique, 60 % des fabricants indiquent que leur équipement peut fonctionner sans eau.

Catégorie	Sous-catégorie	Précision sur le taux de matière sèche non disponible	Taux de matière sèche < 18 %	Taux de matière sèche > 26 %	Sans ajout d'eau
Broyeur séparateur		1	1	0	3
Broyage puis compression	Presse à vis	0	1	2	0
	Presse à piston	1	0	0	0
	Autres systèmes de compression	0	0	0	1
Hydromécanique		0	2	0	0

Tableau 13 : Taux de matière sèche des biodéchets entrants à partir duquel de l'eau doit être ajoutée [n=12]

• Broyeur séparateur

Deux équipements fonctionnent à des taux de matière sèche entraînant l'obligation d'ajout d'eau. Trois fabricants indiquent que leur équipement peut fonctionner sans eau. Ces équipements intègrent tout de même un système d'injection d'eau à haute pression à travers des buses réparties autour du cylindre de broyage. Ces systèmes permettent le nettoyage de l'équipement, le lavage des refus et la fluidification de la matière en fonction des besoins de l'unité de valorisation. Les fabricants ne précisent pas si les performances affichées peuvent être atteintes pour tous les types de flux de biodéchets sans ajout d'eau.

L'ajout d'eau peut notamment augmenter le taux de récupération de la matière organique en permettant de :

- Fluidifier la matière organique et faciliter son écoulement à l'intérieur du cylindre de broyage ;
- Décolmater le crible pour faciliter la récupération de la matière organique ;
- Laver les refus.

- **Rouleau compresseur sur crible**

De la même manière que pour les broyeurs séparateurs l'ajout d'eau peut faciliter le déconditionnement. Cet équipement intègre également un système d'injection d'eau à haute pression à travers des buses réparties autour du trommel.

- **Presse à vis**

Deux fabricants indiquent que leur équipement peut fonctionner sans eau jusqu'à des taux de matière sèche de respectivement 26 % et 40 %. Ainsi, ces taux élevés permettent de qualifier l'équipement de déconditionnement comme pouvant fonctionner sans ajout d'eau. Pour ces deux équipements, l'ajout d'eau semble peu influencer sur l'amélioration des performances de fonctionnement. Les presses n'intègrent notamment pas de tel système. Si un ajout doit être effectué, il est réalisé en amont de la presse lors de l'homogénéisation du flux entrant.

Le troisième équipement fonctionne à un taux beaucoup plus bas de 8 %. Lors de la préparation du flux, en amont de la presse, de l'eau doit donc être ajoutée quel que soit le flux entrant. Cet équipement a d'abord été utilisé à la sortie des usines de méthanisation, pour épurer les digestats. Il est en cours de test pour accepter un taux de 15%.

- **Presse à piston**

Cet équipement fonctionne pour traiter un flux humide de biodéchets mais peu d'informations sont disponibles sur les modalités d'ajout d'eau.

- **Hydromécanique**

Les deux équipements étudiés intègrent un système d'ajout d'eau. Il est effectué dans le pulpeur lors de la première phase du déconditionnement. Lors de cette phase, un ajout est effectué sur le flux à traiter pour obtenir un taux de matière sèche de 12 %.

Les différents étages de traitement secondaire des flux sortants du pulpeur permettent de récupérer de l'eau de procédé. L'un des fabricants précise que le besoin en eau est ainsi en grande partie couvert par de l'eau de procédé du système lui-même.

7.4.4. Pilotage de l'ajout d'eau

Seul un équipement hydromécanique intègre un pilotage automatique de l'ajout d'eau en fonction de paramètres relevés lors de la préparation dans le pulpeur du flux à traiter. Pour l'ensemble des autres équipements, le pilotage s'effectue manuellement.

En fonction des flux de biodéchets à traiter, le contrôle de l'ajout est réalisé en sélectionnant une configuration préprogrammée via l'interface de contrôle ou par une intervention sur les vannes d'admission en eau. La quantité d'eau ajoutée n'est ainsi modulée que par une intervention manuelle.

Les presses n'intègrent pas de système d'admission en eau. Les fabricants de ces équipements ne proposent donc pas de système de pilotage de l'admission en eau.

7.4.5. Nettoyage des équipements

Les broyeurs séparateurs ainsi que l'équipement classé comme autre système de compression intègre un système de d'injection d'eau à haute pression à travers des buses réparties respectivement autour du cylindre de broyage et du trommel. Ce système permet de programmer des cycles de lavages en fin de poste ou en cours de traitement à intervalle régulier. Les quantités d'eau utilisées lors de ces cycles restent négligeables (quelques dizaines de litres par cycle).

Les presses et les broyeurs associés ne nécessitent pas de nettoyage en cours de fonctionnement. Elles sont nettoyées au jet haute pression à la fin de chaque poste avec un démontage des cribles. L'utilisation d'eau chaude est conseillée pour effectuer ce nettoyage.

7.5. Consommation d'énergie

La consommation d'énergie des équipements est uniquement électrique. Dans une moindre mesure la consommation d'eau chaude pourra être considérée pour le nettoyage des équipements ou certains systèmes de nettoyage des refus. Elle n'est pas prise en compte dans la présente analyse.

7.5.1. Puissance électrique installée

Dans la description des principaux éléments de chaque ligne de déconditionnement présentée dans les fiches de synthèse, le niveau de détail n'est pas le même. Si la puissance des principaux éléments est indiquée, les équipements secondaires comme les vis des trémies, les convoyeurs et les systèmes de pompage ne sont pas détaillés de la même manière. Néanmoins, il est important que la puissance de ces équipements intervienne à la marge, dans la puissance totale installée.

Hors installation hydromécanique la puissance électrique totale installée d'une ligne de déconditionnement n'excède pas 100 kW. Le détail des puissances relevées est le suivant :

- Convoyeur d'alimentation à vis entre 3 et 15 kW selon si une préparation est intégrée (homogénéisation et malaxation) ;
- Broyeur rapide entre 45 et 76 kW (sauf pour un broyeur-séparateur pour lequel un broyeur lent est préconisé en amont, la puissance de cet équipement est de 30 kW) ;
- Broyeur lent entre 15 et 30 kW ;
- Presse à vis entre 18 et 22 kW ;
- Presse à piston entre 30 et 45 kW ;
- Système de rouleau compresseur sur crible rotatif estimé à environ 10 kW ;
- Convoyeurs d'extraction à vis des refus entre 2 et 4 kW ;
- Système d'extraction de la pulpe organique - quelques kW (cette indication n'est pas fournie par les fabricants, ce système dépendant de la spécificité de la configuration du site et des besoins pour la valorisation des déchets, aussi dans certains cas, aucun équipement n'est nécessaire).

Le tableau ci-dessous présente la puissance totale installée par type de technologie d'une ligne classique de déconditionnement sans option. L'ensemble de la gamme des équipements de certains fabricants n'est pas pris en compte. Seul l'équipement présenté dans la fiche de synthèse (milieu de gamme) est considéré. Le système de gestion de la matière organique séparée n'est pas considéré.

Catégorie	Sous-catégorie	Nombre de fabricants	Puissance d'une ligne de déconditionnement
Broyeur séparateur		5	Entre 65 et 85 kW
Broyage puis compression	Presse à vis	2	Entre 55 et 80 kW
	Presse à piston	1	Environ 80 kW
	Autres systèmes de compression	1	< 30 kW

Tableau 14 : Puissance totale des équipements d'une ligne de déconditionnement [n=9]

Concernant les lignes de déconditionnement hydromécaniques, la puissance électrique installée est notablement supérieure compte tenu du nombre d'éléments composant la ligne. Un fabricant a détaillé la puissance électrique installée. La puissance totale de la ligne est inférieure à 500 kW. Elle est marquée par la puissance du broyeur lent installée (160 kW) et le pulpeur (132 kW).

7.5.1. Consommation électrique

Le tableau ci-dessous présente la consommation électrique totale par type de technologie d'une ligne classique de déconditionnement sans option. Cette comparaison se base soit sur les données fournies par les fabricants, soit elle est estimée en considérant 70 % de la puissance installée et la capacité de traitement pour un flux de biodéchets emballés.

Catégorie	Sous-catégorie	Nombre de fabricants	Consommation électrique d'une ligne de déconditionnement
Broyeur séparateur		5	Entre 5 et 8 kWh/t
Broyage puis compression	Presse à vis	2	Entre 5 et 8 kWh/t
	Presse à piston	1	Environ 10 kWh/t
	Autres systèmes de compression	1	< 5 kWh/t
Hydromécanique		1	Entre 25 et 30 kWh/t

Tableau 15 : Consommation électrique des équipements d'une ligne de déconditionnement [n=10]

Concernant les lignes de déconditionnement hydromécanique, un seul des deux fabricants a précisé la consommation moyenne d'une ligne. L'autre est estimée dans le même ordre de grandeur de consommation compte tenu de la puissance du broyeur et de son temps de fonctionnement.

7.6. Coût et maintenance des équipements

7.6.1. Coût d'achat d'une ligne de déconditionnement

Les fabricants ont indiqué dans les fiches de synthèse les coûts d'un équipement et d'une ligne de déconditionnement. Une ligne comprend au moins une trémie, les convoyeurs, le broyeur pour les équipements de compression, le système de contrôle en plus de l'équipement de déconditionnement. Elle se distingue d'une installation de déconditionnement qui comprend l'ensemble des éléments du site dont les équipements de stockage des différents flux sortants (voir définition chapitre 1.4 et 1.1 ainsi que l'estimation du coût d'investissement et d'exploitation d'une installation chapitre 9).

Le tableau ci-dessous présente le coût d'achat par type de technologie d'une ligne de déconditionnement sans option. Cette comparaison se base sur les données fournies par les fabricants. Deux d'entre eux n'ont pas fourni d'information.

Catégorie	Sous-catégorie	Nombre de fabricants	Coût d'une ligne de déconditionnement hors frais d'installation
Broyeur séparateur		4	Entre 300 et 400 kEUR
Broyage puis compression	Presse à vis	2	200 kEUR pour l'une et entre 100 et 500 kEUR pour l'autre
	Presse à piston	1	Entre 250 et 300 kEUR
	Autres systèmes de compression	1	200 kEUR
Hydromécanique		2	1 700 kEUR pour l'une et entre 1 500 kEUR pour l'autre

Tableau 16 : Coût d'achat d'une ligne de déconditionnement [n=10]

7.6.1. Maintenance des équipements

Dans la majorité des cas, l'exploitant assure la maintenance de l'équipement. Les différents revendeurs et fabricants peuvent également proposer des contrats de maintenance. Il est à noter que certaines pièces simples sur certains équipements ne sont pas achetées auprès des fabricants mais fabriquées localement (exemple : couteaux de broyeur).

La maintenance quotidienne consiste principalement en des contrôles visuels et un nettoyage des équipements. Pour les presses, le contrôle de points de graissage est également à effectuer. Sur les conseils des fabricants, une visite annuelle de contrôle par un technicien spécialisé est préconisée, à renforcer en fonction du taux d'exploitation. L'exploitant peut également réaliser seul ce contrôle technique et disposer d'un support technique à la demande.

Ci-dessous sont présentées les principales pièces d'usure et leur coût de maintenance en fonction des différentes technologies. Les problématiques potentielles sur les systèmes de pompage de la matière organique n'ont pas été étudiées.

- **Broyeur séparateur**

Les principales pièces d'usure sont les marteaux ou les couteaux des broyeurs rapides. Un fabricant indique que quatre changements par an sont à prévoir. Un autre indique un changement toutes les 500 heures. Les coûts sont variables et peuvent aller jusqu'à 12 kEUR pour un jeu de marteaux.

Un changement des grilles des cribles est à prévoir également tous les ans ou tous les trois ans en fonction des équipements. Les coûts sont très variables allant de 10 kEUR à 45 kEUR.

- **Systèmes de compression**

L'équipement utilisant un broyeur rapide nécessite, comme pour les broyeurs séparateurs, une attention particulière sur le changement des marteaux. Les broyeurs lents requièrent une maintenance et n'ont pas fait l'objet de remontée particulière des fabricants.

Pour les presses à vis, l'usure de la vis et des grilles des cribles sont à surveiller. En fonction du taux d'utilisation et du taux d'impuretés du flux à traiter, un fabricant indique que la vis est à changer tous les ans ou tous les 5 ans pour un coût de 10 à 15 kEUR. Un autre propose une re-métallisation de la vis pour prolonger sa durée de vie. Concernant les grilles, aucune indication de fréquence de changement n'est fournie. Leur coût semble ne pas dépasser les 2 kEUR.

Pour la presse à piston, le fabricant indique que, compte tenu de son historique (pompage de produits pâteux), l'équipement ne comporte pas de pièce d'usure.

Pour l'équipement classé comme autre système de compression, les pièces les plus fréquentes à remplacer sont les brosses de nettoyage et d'entraînement des emballages.

TROISIÈME PARTIE : INSTALLATIONS DE DÉCONDITIONNEMENT

Cette troisième partie présente les installations de déconditionnement dans lesquelles sont implantés les équipements. Dans un premier temps, elle décrit une installation générique en s'appuyant sur cinq visites d'installations, restitue le bilan des essais et le résultat des analyses menées sur les flux sortants de quatre de ces sites (chapitre 8).. L'estimation du coût de traitement des biodéchets finalise cette partie (chapitre 9).

8. Emprise, organisation et différents process-types d'un site de déconditionnement

Cette partie a pour objectif de présenter les installations de déconditionnement et leur organisation ainsi que de restituer les résultats des essais menés sur quatre installations soutenues financièrement par l'ADEME.

8.1.Fonctionnement d'une installation de déconditionnement

8.1.1. Éléments composant une installation et zone d'implantation

En plus de la ligne de déconditionnement, chaque installation intègre les éléments suivants sur un site clôturé :

- 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 propre ;
- 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 ;
- Une ligne de déconditionnement installée sur une aire couverte ;
- 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 ;
- De cuvettes de rétention ;
- D'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 moitié des installations de déconditionnement en France sont sur une plateforme de compostage ou de méthanisation (voir chapitre 5.2.3). De nombreux éléments sont alors mutualisés entre ces activités et celle de déconditionnement.

8.1.2. Organisation

- **Organigramme**

Le questionnaire aux fabricants intègre une question sur les moyens humains nécessaires au pilotage de la ligne de déconditionnement. La réponse est unanime, une seule personne : la supervision des lignes ne nécessite qu'un opérateur par poste pouvant également effectuer ou participer au chargement de la ligne de déconditionnement.

Des équipiers complémentaires sont nécessaires pour : l'accueil, la pesée et le contrôle des flux entrants, le lavage des contenants, le chargement de la ligne, le nettoyage du site et des équipements ainsi que certaines opérations de maintenance.

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

- **Gestion des flux sortants**

Que l'installation de déconditionnement soit ou non implantée sur une plateforme de compostage ou sur une unité de méthanisation, elle est amenée à alimenter plusieurs installations de valorisation matière. Lors des visites de sites indépendants, les exploitants ont indiqué alimenter jusqu'à six usines de méthanisation différentes.

Lorsque l'installation n'est pas indépendante, pour des raisons d'adéquation entre capacité de déconditionnement et de valorisation matière ou pour rentabiliser l'installation de déconditionnement, elle est également amenée à alimenter d'autres installations.

Dans la majorité des cas, la matière organique est pompée pour être stockée dans des cuves munies d'agitateurs. Leur volume est adapté en fonction du taux d'activité. Si l'installation est implantée sur un site de valorisation matière, le volume pourra être réduit et les moyens de stockage dimensionnés pour être des cuves tampons. Il est rappelé qu'avant de rentrer dans le processus de méthanisation, la matière organique doit subir une hygiénisation. Il n'a pas été rencontré de cas où elle est effectuée sur une installation de déconditionnement indépendante. En général, elle se fait dans les usines de méthanisation notamment en raison d'accès à de l'énergie sous forme de chaleur.

Les refus sortant des installations de déconditionnement sont orientés vers des usines d'incinération ou des centres d'enfouissement pour déchets non dangereux.

8.1.3. Emprise au sol

Le schéma ci-après présente une comparaison de la taille de chacune des différentes zones composant une installation de déconditionnement. Il est réalisé à partir des enseignements de visites de sites ainsi que de l'analyse de plusieurs plans d'installations présentés dans les arrêtés préfectoraux ou dans les dossiers de demandes d'autorisation d'exploiter. La surface mentionnée précise l'ordre de grandeur de chaque surface. Elles peuvent notablement être réduites en fonction des spécificités et des solutions sélectionnées.

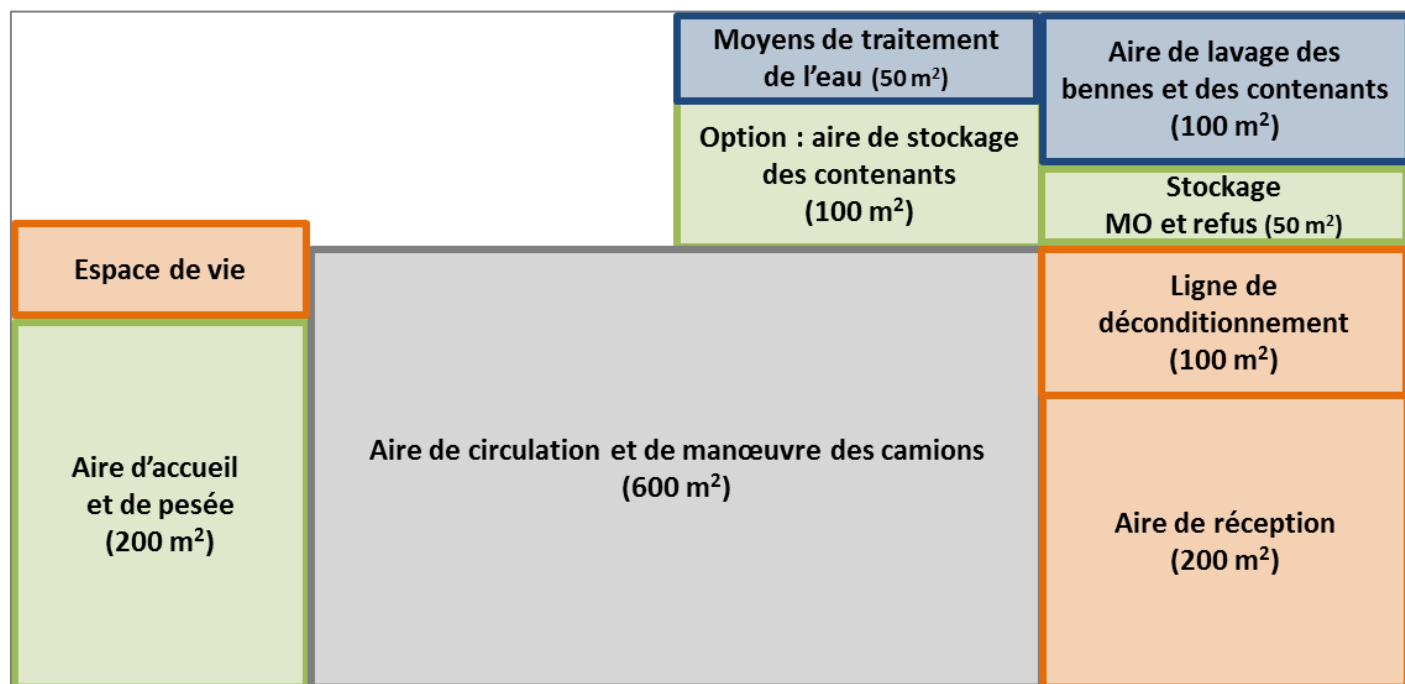


Figure 14 : Emprise au sol des différentes zones composant une installation de déconditionnement
(les aires couvertes sont indiquées en orange ; données indicatives variables selon le tonnage annuel, l'implantation ou non un site de valorisation organique et le type de contenant utilisé)

Il est rappelé que le sol des aires et des locaux de stockage ou de manipulation des déchets doit être étanche et équipé de façon à pouvoir recueillir les eaux de lavage et les matières répandues accidentellement (voir chapitre 9.1).

Pour chacune des zones, les précisions suivantes sont apportées :

- Les surfaces ci-dessus sont données à titre indicatif et sont variables selon la capacité du site et les modalités de stockage des biodéchets.
- L'entrée de l'installation est conçue pour faciliter l'intervention des moyens d'intervention. L'aire de pesée est composée d'un pont-bascule et des moyens d'enregistrement des flux entrants et sortants. L'espace d'accueil peut être réduit à sa plus simple expression selon le niveau d'automatisation des procédures d'accueil.
- L'aire de circulation permet aux camions de manœuvrer. Pour cette raison, elle représente la zone la plus importante de l'installation. Elle est adaptée à la configuration des lieux et au type de camion collectant les déchets. Elle est également adaptée pour accueillir des semi-remorques pour le transfert de la matière organique.
- L'aire de lavage est adaptée en fonction des modes de collectes. Pour le lavage des contenants, un tunnel de lavage ou une zone de lavage au jet haute pression peut être implantée. Le lavage des bennes peut ne pas nécessiter d'espaces particuliers s'il est réalisé sur l'aire de réception.
- L'aire de réception peut être constituée d'alvéoles au sol sur lesquelles les biodéchets sont directement déchargés et repris au chargeur pour alimenter la trémie. Cette configuration occupe beaucoup de place mais permet un examen visuel des biodéchets réceptionnés. Elle peut également être composée d'une trémie enterrée. Dans le cas, d'une gestion uniquement de contenant type caisse palette ou bac, une trémie hors sol suffit et il n'est pas nécessaire de disposer d'alvéoles au sol (solution prenant le moins de place).
- Les moyens de stockage de la pulpe organique peuvent être constitués de cuves verticales permettant un plus grand gain de place. Il peut également être constitué d'un simple moyen de stockage tampon si l'installation est implantée sur un site de valorisation matière et l'alimente.
- Les moyens de traitement des effluents liquides ne requièrent pas de surfaces importantes et doivent atteindre une performance conforme aux exigences de l'autorisation d'exploiter. Les jus provenant du déconditionnement et les eaux de lavage y sont orientés. Une surface supplémentaire est potentiellement nécessaire si des cuvettes de rétention sont installées pour collecter l'eau de pluie et pouvoir la réutiliser. Selon la configuration du site, les moyens pour parer à un déversement du plus grand moyen de stockage de la matière organique peut également demander une surface supplémentaire.

Concernant la surface nécessaire à la ligne de déconditionnement, de la trémie jusqu'au moyen de transfert des flux sortants inclus, l'analyse détaillée de 12 équipements (voir annexe 2) indique que :

- La ligne complète la plus petite recensée occupe une surface de 20 m² ;
- La ligne complète la plus grande recensée occupe une surface de 150 m².

8.2. Enquête et visites de site

8.2.1. Présentation des sites

Cinq installations ont été sélectionnées par l'ADEME. Elles ont été visitées et des entretiens avec les exploitants ont été menés. Lors de la visite, un essai a également été mis en œuvre (voir point suivant) et une vidéo de présentation du site réalisée.

Entreprise ou établissement public	Dept.	Ville	Activité principale du site	Marque et référence de l'équipement de déconditionnement	Date de mise en service de l'installation de déconditionnement
SUEZ	54	Toul	Plateforme de compostage	Atritor - TS 3096	2013
SUEZ	67	Strasbourg	Déconditionnement des biodéchets	Hybag - NW800	2010
SYDEME	57	Morsbach	Usine de méthanisation	SpiralTrans - OrgaSep®	2012
VEOLIA	94	Villeneuve-Saint-Georges	Transfert et déconditionnement des biodéchets	Cesaro - Tiger HS 640	2013
VEOLIA	45	Saint-Peravy-la-Colombe	Plateforme de compostage	GreenCreative - FLEXIDRY®	2015

Tableau 17 : Présentation des sites visités

L'installation du SYDEME étant en maintenance lors de la visite, seuls quatre essais ont été effectués. Dans la suite de la présentation, cette installation n'est pas prise en compte. Les quatre autres installations sont dénommées « site 1, 2, 3, 4 » (sans rapport avec l'ordre du tableau Tableau 17) pour garder une totale anonymisation des résultats des essais.

Ces quatre installations ont les caractéristiques suivantes :

- Elles ont été mises en service entre 2010 et 2015 ;
- Elles traitent entre 3 000 et 14 000 tonnes par an ;
- Deux d'entre elles sont installées sur des plateformes de compostage mais seule une valorise la matière organique sur son site d'implantation ;
- Deux d'entre elles sont des installations indépendantes ;
- Trois d'entre elles alimentent, chacune, plusieurs unités de méthanisation ;
- Trois installations sont équipées de lignes de déconditionnement intégrant un broyeur séparateur dont deux réalisent simultanément le lavage des refus (dont l'un avec récupération d'eau de procédé) ;
- Une est équipée d'un équipement de déconditionnement utilisant un rouleau compresseur sur crible rotatif ;
- Deux flux uniques sortent de ces lignes de déconditionnement (pulpe de matière organique et refus).

Les biodéchets traités par ces installations proviennent principalement de :

- L'industrie agroalimentaire (en vrac ou emballés) ;
- La GMS (emballées ou majoritairement en vrac pour les fruits et légumes) ;
- La restauration collective et commerciale ;
- Et, dans une moindre mesure, des marchés forains.

Trois de ces installations réceptionnent à la fois :

- Des collectes par échange de contenant, et disposent d'aires de stockage de ces contenants ;
- Des collectes en camion benne ;
- Des palettes de l'industrie agroalimentaire.

Deux d'entre elles sont équipées d'une aire de réception au sol, et la troisième, d'une trémie enterrée pour réceptionner les déchets. La quatrième installation réceptionne uniquement des flux collectés par échange de contenant.

Les flux sortants de ces installations sont gérés comme suit :

- La matière organique est stockée dans des cuves sur trois des installations, et pour l'autre directement incorporée dans le processus de valorisation sans moyen de pompage ;
- 3 systèmes différents de pompage sont utilisés ;
- Les refus, sur tous les sites, sont stockés dans des bennes ;

Sur l'ensemble de ces installations, un ajout d'eau ou de matière organique liquide est effectué lors du processus de déconditionnement.

8.2.2. Avertissement important

Des essais ont été mis en œuvre lors des visites de sites. Ils ont permis d'observer le fonctionnement des lignes de déconditionnement et de réaliser des prélèvements sur les flux sortants. Le protocole mis en œuvre a pour objectif principal de déterminer le taux de captation de la matière organique et son taux d'épuration. Les flux sortants, pendant la durée de cet essai, ont été :

- Pour les refus, totalement détournés ;
- Pour la matière organique, pour deux des essais totalement détournés et pour les deux autres partiellement.

Ces prélèvements des flux sortants ainsi que le flux entrant à traiter ont été pesés. Les échantillons des flux sortants analysés sont issus de ces prélèvements. L'ajout d'eau, ou de matière organique liquide, a également été mesuré. Les essais ont été calibrés pour s'intégrer lors d'une visite n'excédant pas quatre heures.

Il est important de rappeler les limites de l'enquête et son objectif initial : réaliser une première photographie du fonctionnement des installations de déconditionnement et poser les premières bases d'un protocole d'évaluation des performances.

Ainsi, avant de présenter le résultat des essais, le lecteur est averti que :

- **Le nombre d'échantillons prélevé est bien trop faible pour permettre de dresser un bilan de la filière ou pour être représentatif du fonctionnement des sites visités ;**
- **La qualité de la pulpe en sortie dépend fortement de celle des biodéchets entrants, comportant des teneurs variables en emballages et autres indésirables ;**
- **Les teneurs en indésirables mesurées ne sont qu'indicatives et sont insuffisantes pour refléter les performances habituelles d'un site ou d'une technologie.**

Il est également rappelé que la comparaison de ces valeurs avec les limites de la norme NFU 44-051 pour les indésirables doit prendre en compte les éléments suivants :

- **Cette norme ne s'applique qu'au compost et non au flux de matière organique sortant d'un équipement de déconditionnement qui est un déchet à traiter. La méthodologie de recherche en indésirables n'est donc pas totalement adaptée à ce type de flux ;**
- **Des éléments gras ont été comptés par la méthode d'analyses pour partie comme inertes indésirables inférieurs à 2 mm ;**
- **La matière organique issue des installations de déconditionnement est ensuite mélangée à des biodéchets d'autres provenances avant traitement par compostage ou méthanisation ;**

- Des équipements avant méthanisation ou compostage peuvent affiner l'épuration (presse, systèmes de décantation, filtration) ;
- Des équipements après méthanisation ou compostage peuvent affiner l'épuration (presse, filtration, tamisage).

Le taux d'impuretés des composts et digestats obtenus peut ainsi être inférieur à celui de la pulpe en sortie des installations de déconditionnement.

De plus, il est important de noter la grande difficulté à mesurer les inertes < 2 mm. Les résultats peuvent être variables d'un laboratoire à l'autre. Pour autant, la surveillance de ce paramètre reste importante, l'objectif n'étant pas de broyer finement les indésirables pour les rendre inférieurs à 2 mm.

Pour présenter les résultats, deux termes et trois catégories sont considérées « impuretés > 2 mm », « indésirables > 2 mm » et « indésirables » sont employés :

- Les impuretés comprennent les éléments en verre, métaux supérieurs à 2 mm, les films plastiques et PSE > 5 mm et les autres plastiques > 2 mm ;
- Les indésirables > 2 mm comprennent les impuretés et les « cailloux-calcaires » > 2 mm ;
- Les indésirables comprennent les deux catégories précédentes ainsi que les éléments fins < 2 mm et les films plastiques et PSE de 2 à 5 mm.



Figure 15 : Définitions des indésirables et des impuretés

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.

Ci-dessous est présentée une photographie des éléments fins < 2 mm et des films plastiques et PSE de 2 à 5 mm prises à la fin de l'analyse d'un des échantillons.



Figure 16 : Exemples d'éléments fins passant à travers une maille de 2 mm

8.2.3. Résultats des essais

En premier lieu, la qualité des biodéchets traités lors des essais est présentée. Elle se base pour partie sur les résultats des analyses sur les flux sortants détaillés dans les points suivants. Ensuite, conformément aux objectifs du protocole, les taux de captation et d'épuration de la matière organique ont été estimés sur la base des résultats des analyses des flux sortants (voir annexes [3](#) et [4](#)).

Aucune analyse d'échantillon ou caractérisation n'a été effectuée sur le flux entrant. Il est reconstitué à partir des analyses des flux sortants et de la quantité d'eau ajoutée.

Trois facteurs d'incertitude doivent être pris en compte pour appréhender ces résultats :

- Celui sur les mesures de poids réalisées pendant l'essai ;
- Celui sur la représentativité des échantillons ;
- Enfin l'incertitude liée à l'analyse en laboratoire elle-même.

Sur le « site 1 », les mesures de la quantité de biodéchets traités pendant l'essai, et de la quantité de pulpe organique en sortie, n'ont pas pu être réalisées compte tenu de la configuration du site. De plus, l'analyse du taux d'impuretés de la pulpe organique n'a pas pu être déterminée en laboratoire. Les résultats présentés pour ce site ne portent que sur certains paramètres.

- **Provenance et qualité des biodéchets entrants**

L'objectif de l'essai était de traiter des biodéchets emballés. Cependant, trois sites pratiquant habituellement le mélange de différents flux avant traitement, la consigne pour la préparation du lot entrant a été de réaliser les mêmes mélanges que lors d'un fonctionnement habituel de l'installation. Les flux entrants traités pendant les essais sont constitués d'un mélange de biodéchets emballés de la GMS avec des biodéchets de la restauration, de l'industrie agroalimentaire et des fruits et légumes en vrac de la GMS. La part de biodéchets emballés de chacun des flux est variable d'un site à l'autre, pouvant aller de 25% à 65%.

Le tableau ci-dessous présente la reconstitution du flux de biodéchets entrants réalisée sur la base des résultats des analyses menées en laboratoire sur les flux sortants, des résultats de pesée de ces flux sur site et de la quantité d'eau ajoutée.

		Impuretés					
		Indésirables > 2 mm					
		Indésirables					
Résultats sur matière sèche	Total des potentiels indésirables	Eléments fins potentiellement indésirables inférieurs à 2 mm	Cailloux-calcaire supérieurs à 2 mm	Verre supérieur à 2 mm	Métaux supérieurs à 2 mm	Films et PSE supérieurs à 5 mm	Autres plastiques supérieurs à 2 mm
Site 2	20%	11,8%	0,4%	0,1%	0,6%	4,5%	2,7%
Site 3	19%	2,5%	1,1%	0,1%	0,04%	9,8%	5,7%
Site 4	13%	5,4%	0,1%	0,4%	0,1%	4,1%	2,8%

 Tableau 18 : Reconstitution de la composition de la part d'indésirables du flux entrant traité pendant l'essai (en % de MS)⁴

Ces flux entrants ont une teneur importante en indésirables, notamment des emballages plastiques, au regard des seuils attendus sur matière sèche pour un compost normé Afnor NFU 44-051. Ils nécessitent une opération d'épuration avant valorisation organique.

Les mélanges de flux emballés et non emballés influencent le taux d'indésirables, Il est à noter que le flux entrant humide apparaît faiblement pollué. Les rapports d'analyse du laboratoire montrent que le site 2 a un taux de 6 % d'indésirables sur matière brute (20 % sur matière sèche) et les deux autres 4 % (19 % sur matière sèche pour le site 3 et 13 % pour le site 4 qui a un taux d'humidité plus important compte tenu des biodéchets liquides inclus dans le flux entrant).

• Configuration de l'équipement de déconditionnement

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'estimation de la capacité de traitement sur matière brute de l'équipement et les quantités d'eau ajoutée au cours de l'essai. Il faut rappeler que ces essais de faible durée ne présentent qu'une photographie du fonctionnement de l'équipement.

Site visité	Durée de l'essai	Capacité de traitement	Taille de la maille du crible de séparation	Quantité d'eau ajoutée
Site 1	19,8 min	Non déterminée	8 mm	Non déterminée
Site 2	8,5 min	9 t/h	évolutive de 20 vers 15 mm	38 % du lot traité
Site 3	32,0 min	9 t/h	évolutive de 8 vers 10 mm	28 % du lot traité
Site 4	12,6 min	3 t/h	8 mm	26 % du lot traité

Tableau 19 : Capacité de traitement sur matière brute de la ligne de déconditionnement et quantité d'eau ajoutée au cours de l'essai

⁴ Il faut rappeler la grande difficulté de mesure des teneurs en inertes indésirables < 2 mm, induisant une variabilité importante de cette mesure selon l'opérateur. Les performances d'épuration affichées par les vendeurs de déconditionneurs concernent généralement les indésirables cités par la norme Afnor NFU 44-051, c'est-à-dire > 2 mm ou > 5 mm. Il n'est pas admissible de broyer finement les indésirables pour les faire « disparaître » sous les seuils granulométriques définis par cette norme.

Les capacités de traitement atteintes correspondent aux caractéristiques techniques annoncées par les fabricants. L'exploitant du site 2 indique que les conditions de réalisation de l'essai ont entraîné un surplus d'ajout d'eau.

Les tailles de maille des cribles correspondent aux tailles les plus petites indiquées par les fabricants sauf pour un site (taille moyenne). Un site utilise une maille plus petite que celle proposée par le fabricant.

8.2.4. Taux d'épuration des indésirables et taux de captation de la matière organique

Le tableau ci-dessous présente le taux d'épuration des indésirables établis sur la base des résultats d'analyses des flux sortants en reconstituant le flux entrant (voir annexes [3](#) et [4](#)).

Ces résultats proposent une image identique à celle du taux d'impuretés de la matière organique : le taux d'épuration diminue fortement en prenant en compte les teneurs en éléments fins (voir Tableau 25). Cette donnée n'est pas communiquée par les fabricants contrairement au taux d'impuretés de la matière organique présenté dans le Tableau 25. Les taux d'épuration des impuretés pour les trois sites semblent satisfaisants (égale ou supérieure à 89%).

Site visité	Taux d'épuration des impuretés supérieures à 2 mm (Verre, métaux, plastiques)	Taux d'épuration des indésirables supérieurs à 2 mm (Verre, métaux, plastiques, cailloux-calcaire)	Taux d'épuration des indésirables en prenant en compte l'ensemble des éléments fins
Site 1	Non déterminé		
Site 2	89 %	87 %	36 %
Site 3	94 %	91 %	86 %
Site 4	97 %	97 %	56 %

Tableau 20 : Estimation du taux d'épuration des impuretés et indésirables des lignes de déconditionnement lors des essais (en % MS)

Le tableau ci-dessous présente le taux captation de la pulpe de matière organique. Il est légèrement inférieur aux performances affichées par les fabricants mis à part pour le site 2. Les indications données par les fabricants permettaient d'attendre un taux supérieur à 85 % (voir chapitre 7.3.1). Il est par contre moins impacté par la teneur en éléments fins compte tenu de leur faible présence dans le flux de refus.

Site visité	Taux de captation de la matière organique en considérant seulement les impuretés supérieures à 2 mm (Verre, métaux, plastiques) comme inertes	Taux de captation de la matière organique en considérant seulement les indésirables supérieurs à 2 mm (Verre, métaux, plastiques, cailloux-calcaire) comme inertes	Taux de captation de la matière organique en considérant l'ensemble des éléments fins comme inertes
Site 1	Non déterminé		
Site 2	92 %	92 %	91 %
Site 3	82 %	83 %	84 %
Site 4	80 %	80 %	79 %

Tableau 21 : Estimation du taux de captation des lignes de déconditionnement lors des essais en tenant compte des impuretés ou des indésirables (en % MS)

8.2.5. Traitement de la matière organique et des refus

Deux paramètres supplémentaires ont été analysés pour compléter la présentation de la qualité des flux sortants :

- Le potentiel bio méthanogène de la matière organique ;
- L'intérêt de valorisation énergétique des refus.

La production moyenne de biogaz pour les échantillons de matière organique des quatre sites est en moyenne de 597 litres de biogaz par kg de matière sèche dans les conditions standards de température et de pression avec une teneur moyenne en méthane à 48 jours (fin des tests) de 79 %. Le tableau ci-après compare ce pouvoir bio méthanogène à des données de référence pour plusieurs types de biodéchets.

Le pouvoir méthanogène des quatre échantillons, exprimé en m³ de biogaz par tonne de matière sèche, peut être considéré comme homogène. Exprimé de cette manière, seul le pouvoir méthanogène du site 4 est légèrement inférieur compte tenu du flux entrant provenant uniquement de la GMS avec une part importante de fruits et légumes.

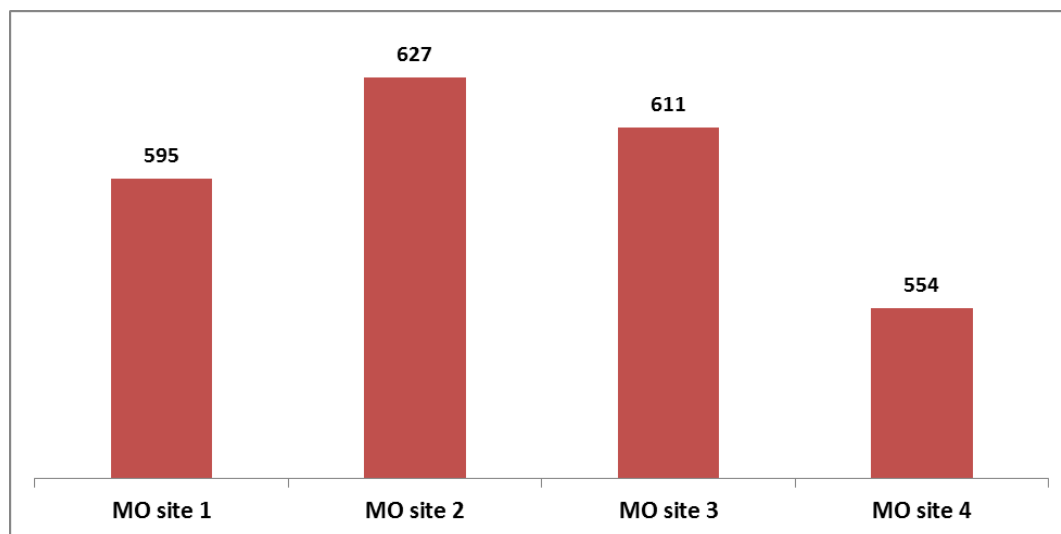


Figure 17 : Pouvoir bio méthanogène (en m³ de biogaz/t de matière sèche)

Par contre exprimé en m³ biogaz par tonne de matière brute, le PBM du site 1 se démarque particulièrement des autres sites (valeur double) compte tenu de son taux élevé de matière sèche.

La figure ci-dessous présente une comparaison du PBM des échantillons exprimés en m³ de CH₄ par tonne de matière brute avec des données de référence pour plusieurs types de biodéchets. Sauf pour le site 1, compte tenu de son taux de matière sèche, les valeurs sont encadrées par celles de la restauration collective et des invendus de la GMS comme sur la figure 4 présentant le taux de matière sèche du flux entrant.

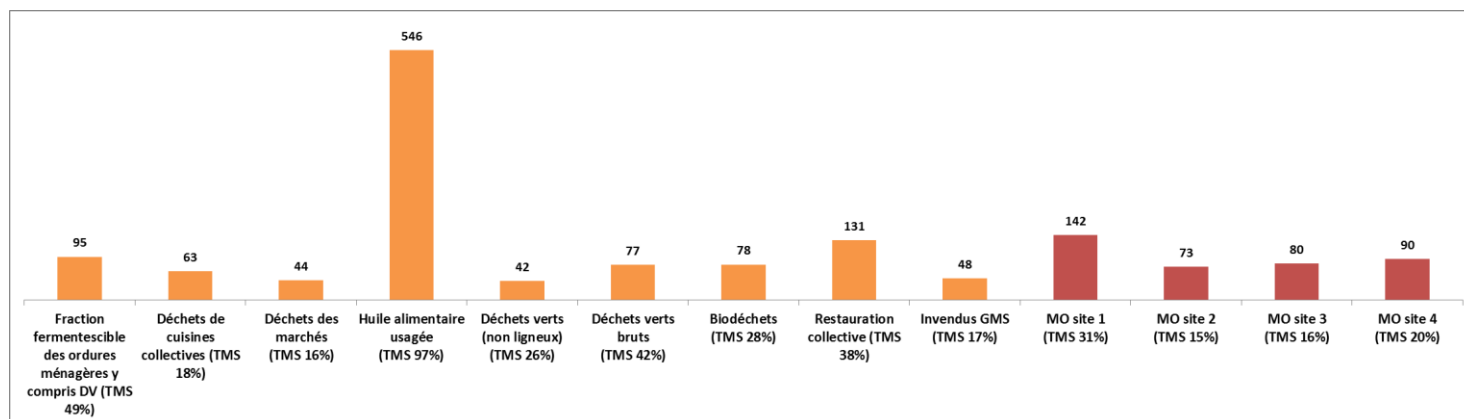


Figure 18 : Pouvoir bio méthanogène de différents types de biodéchets (*Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation, SOLAGRO et INDDIGO, ADEME, 2013*) comparé à ceux traités lors des essais (en m³ de CH₄/t de matière brute)

Pour rappel sur les CSR, l'ADEME précise, sur la page dédiée de son site internet, 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 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 :

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

Les unités de préparation des CSR sont réglementairement des unités de traitement des déchets.

Trois paramètres clés caractérisent un CSR : le PCI, la teneur en chlore et l'humidité. Les deux premiers paramètres ont été analysés pour compléter la description de la qualité des refus.

Pour être orientés vers d'autres filières que l'incinération ou l'enfouissement des déchets en mélange, les refus doivent passer par une étape intermédiaire. L'objectif peut être de les traiter en centre de tri (tri optique) pour récupérer des matériaux en vue de leur valorisation matière et/ou de les envoyer vers une unité de préparation des CSR.

Des analyses complémentaires doivent être menées sur d'autres paramètres (notamment : teneurs en polluants et possibilité d'épuration de la matière organique) pour déterminer l'intérêt de l'une ou l'autre des filières. Les analyses ont été réalisées à titre exploratoire pour présenter une première image de la qualité des refus.

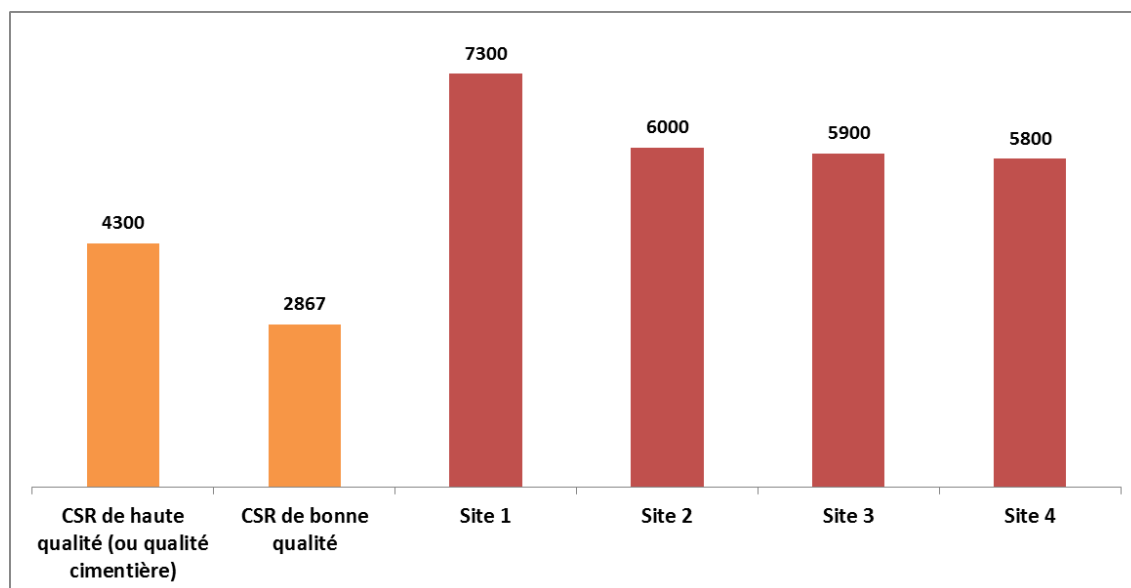


Figure 19 : PCI en kcal/kg des refus prélevés (sur MS)

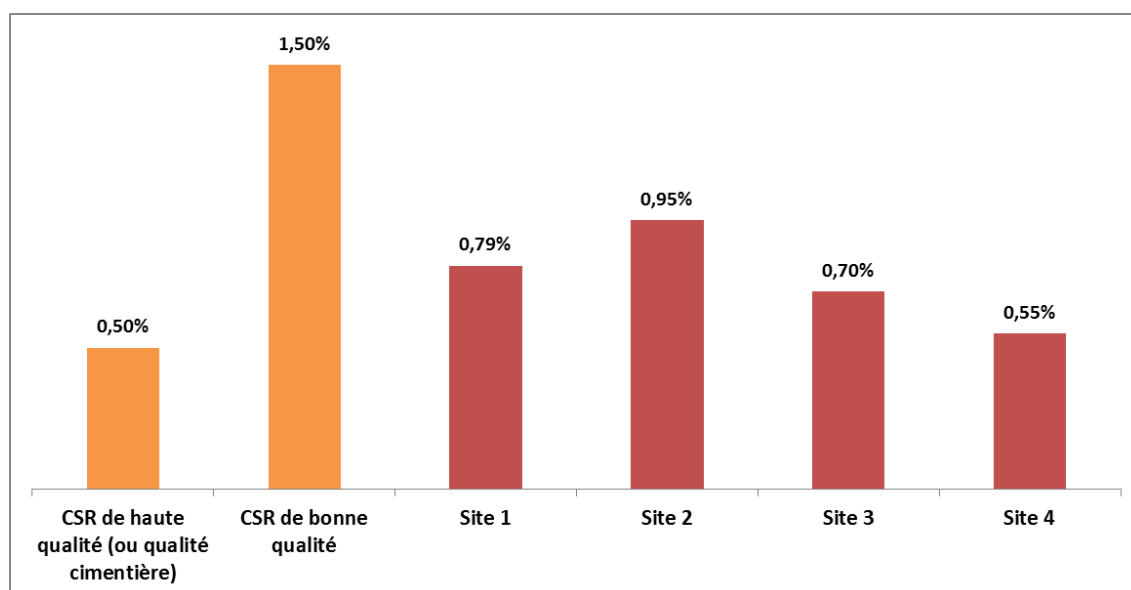


Figure 20 : Teneur en chlore des refus prélevés (sur MS)

8.2.6. Enseignements des essais réalisés

Les quatre essais menés permettent de tirer des premiers enseignements sur la performance des installations de déconditionnement. Cependant, pour être conclusifs, ils devraient être confirmés lors d'une campagne d'essais sur des temps plus longs et sur davantage d'échantillons.

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. Ces installations permettent également l'épuration des erreurs de tri de la restauration. Sauf sur une installation traitant uniquement des flux de la GMS (emballés et non emballés), sur les trois autres installations le flux de biodéchets provenait de 20 à 75 % de la restauration. Sur chacune de ces trois installations, un mélange des biodéchets est préalablement effectué.

- **Acceptabilité de biodéchets entrants**

Comme indiqué par les fabricants, tous les types de biodéchets et d'emballages sont acceptés par les équipements. Cependant, les exploitants donnent des consignes de limitation du verre à leurs clients. Il apparaît ainsi que la qualité du tri est prédominante pour obtenir une pulpe organique de qualité.

Sur tous les sites, un contrôle visuel poussé est mené avant traitement et les gros éléments indésirables sont systématiquement retirés manuellement.

- **Capacité de traitement**

La capacité de traitement relevée lors des essais s'est avérée conforme aux données annoncées par les fabricants.

- **Qualité du broyage**

Comme cela a été relevé lors des essais, la forme et la taille des refus s'avèrent très variables d'un site à l'autre. Au-delà de l'influence de la qualité du tri, la création d'éléments fins < 2 mm semble plus importante lorsque les emballages sont découpés en petits morceaux.

- **Qualité de la pulpe organique**

Sauf sur un site, la qualité de la pulpe organique créée ne permet pas de s'affranchir d'une étape complémentaire d'épuration avant ou après méthanisation ou compostage pour atteindre les exigences posées pour le retour au sol. Cette étape complémentaire est d'ailleurs réalisée sur tous les sites de traitement.

- **Qualité des refus**

Les quantités de MONS retrouvées dans les refus ne sont pas négligeables. Deux des trois sites sur lesquels des résultats complets ont été obtenus, ne semblent pas dépasser le taux de 85 % de récupération de la matière organique.

On notera notamment que les deux sites présentant visuellement les refus les moins chargés en MONS sont ceux intégrant un système de lavage efficace.

- **Consommation d'eau**

Bien que sur deux sites de l'eau potable ait été ajoutée lors des essais, il est confirmé que les ressources disponibles sur les sites permettent une autonomie pour cette action (récupération de l'eau du process ...).

Les quantités d'eau ajoutée ne sont pas négligeables (environ 25 % du poids des biodéchets entrants) et à considérer lors de la logistique de transport vers les sites de traitement. En revanche, les taux de matière sèche obtenus correspondent aux besoins des usines de méthanisation fonctionnant par voie humide.

9. Coût d'investissement et d'exploitation

Ce chapitre a pour objectif de présenter un ordre de grandeur du coût de traitement des biodéchets emballés dans une ligne de déconditionnement. Ce chiffrage n'est qu'indicatif et d'importantes variations sont constatées d'un site à l'autre, pour de nombreuses raisons : par exemple, si le site est partiellement amorti par d'autres activités.

9.1. Hypothèses retenues

Pour calculer cet ordre de grandeur, nous avons pris en compte les hypothèses suivantes.

9.1.1. Postes d'investissement et durée d'amortissement

Les postes suivants ont été retenus et simulés en fonction de différentes durées d'amortissement :

- Le montant total de l'investissement est de 1 015 kEUR.
 - L'achat du terrain n'est pas pris en compte. En revanche, un loyer de 5 kEUR par mois sera ensuite considéré (très variable selon la région).
 - Le coût de l'obtention d'une autorisation d'exploiter une ICPE est très variable d'un site à l'autre. Pour une installation indépendante, le coût sera notablement plus élevé. De plus, il est également difficile de prendre en compte les conséquences de la durée de la procédure.
- **Amortissement à 3, 5 ou 10 ans :**
 - Ligne de déconditionnement complète (pas de trémie enterrée ni de système d'épuration secondaire) ;
 - Installation et mise en service ;
 - Réglementation ICPE (régime d'autorisation) et sanitaire.
 - **Amortissement à 20 ans :**
 - Traitement de l'eau ;
 - Bassin de rétention ;
 - Aménagement du site.
 - **Amortissement à 5 ans :**
 - Chargeur ou trémie d'alimentation spécifique ;
 - Cuve de stockage de la matière organique ;
 - Aire et tunnel de lavage des contenants ;
 - Benne de stockage des refus.

9.1.2. Principaux postes d'exploitation

Les postes suivants sont pris en compte :

- Un opérateur et un agent de maîtrise sont mobilisés. La nécessité d'une équipe renforcée en cas de collecte uniquement par changement de bac n'est pas considérée.
- La présence d'un référent à mi-temps sur le site est ajoutée. Le coût de son salaire est deux fois plus élevé que celui de l'agent de maîtrise.
- Dans ce chiffrage, l'effectif du personnel affecté au seul déconditionnement est considéré à son minimum. La gestion financière et administrative du site ainsi que le management des équipes ne sont pas prises en compte.
- Les provisions pour parer à une situation exceptionnelle ne sont pas constituées.

Le coût global de cette équipe permet de prendre en compte plusieurs configurations possibles. Dans la simulation proposée, plus la quantité de déchets traités augmente plus des majorations sur la rémunération sont prises en compte.

Autres postes pris en compte :

- Chargeur (consommation + maintenance) ;
- Visite de contrôle annuelle et pièce à changer (Majoration sur la maintenance par tranche de 5 000 t/an) ;
- Électricité (hors abonnement) ;
- Eau de processus (hors abonnement) ;
- Eau chaude de lavage (hors abonnement).

9.1.3. Gestion des flux sortants

Les hypothèses suivantes sont prises en compte concernant les refus :

- 10 % du flux entrant est orienté vers les refus (hypothèse minimale).
- Leur coût de traitement, transport inclus est estimé à 200 EUR/T.

Ainsi, pour chaque tonne de biodéchets déconditionnés un coût de 20 EUR s'ajoute pour traiter les refus.

Pour ce qui concerne la pulpe :

- Le coût moyen de traitement par méthanisation est de 20 EUR/t de pulpe organique.
- 10 % d'eau ont été ajoutées lors du déconditionnement.
- Le transport n'est pas pris en compte (très variable selon la distance du site de méthanisation)

9.2. Résultats de la simulation du coût de traitement

La simulation proposée prend en compte un coût de traitement de la pulpe organique et des refus de 40 EUR/t de biodéchets réceptionnés. Plusieurs postes n'ayant pas pu être chiffrés, cette évaluation est minimale. Les résultats de cette simulation peuvent notablement évoluer à la hausse ou à la baisse en fonction des coûts de traitement des flux sortants, de la configuration du site ainsi que des solutions de déconditionnement retenues.

Coût total en fonction de la capacité de traitement annuelle et la durée d'amortissement de l'équipement	3 ans	5 ans	10 ans
5 000 t/an	118 EUR/t	102 EUR/t	90 EUR/t
10 000 t/an	94 EUR/t	86 EUR/t	80 EUR/t
15 000 t/an	86 EUR/t	80 EUR/t	76 EUR/t
20 000 t/an	82 EUR/t	78 EUR/t	75 EUR/t

Tableau 22 : Simulation du coût de fonctionnement d'une installation d déconditionnement en fonction des quantités traitées et de la durée d'amortissement de l'équipement de déconditionnement

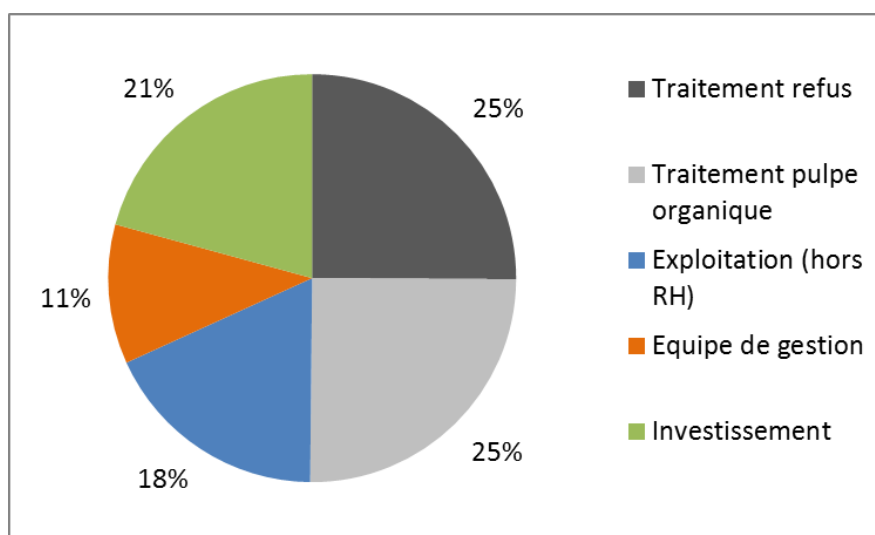


Figure 21 : Répartition des coûts de traitement pour une installation traitant 10 000 tonnes par an et un retour sur investissement de 5 ans sur l'équipement

Note de recommandations lors du choix d'un équipement de déconditionnement de biodéchets

Objet de la note

Cette note s'adresse à tout exploitant ou opérateur qui envisage de se doter d'une ligne de déconditionnement pour traiter des biodéchets emballés de la grande distribution. Elle porte sur les modalités de choix de l'équipement lui-même et son dimensionnement ainsi que sur des considérations plus larges liées à l'installation.

Recommandations

Les équipements de déconditionnement recensés ont été classifiés en fonction de la technique de séparation utilisée (voir chapitre 6 pour la définition des différentes techniques) :

- Broyeur séparateur ;
- Broyage puis compression (presse à vis, presse à piston et autres compressions) ;
- Hydromécanique.

Les recommandations suivantes sont formulées selon ces catégories et non par modèle d'équipement. L'étude ne vise en effet pas à effectuer un comparatif entre modèle de la même famille.

Flux entrant

La connaissance des types de flux à traiter est prépondérante dans le choix de l'équipement ou l'organisation de l'installation. Il est également nécessaire qu'un tri à la source de bonne qualité soit effectué pour garantir les performances d'épuration. Les consignes de tri posées par les fabricants et les exploitants portent notamment sur la non-acceptation du verre, des métaux ou des gros éléments. Il est ainsi important de ne pas omettre les modalités d'échange avec les collecteurs, ou directement les établissements générant les flux à traiter, pour suivre et corriger les erreurs de tri. De même, il est nécessaire d'édicter précisément les critères de rejet des flux réceptionnés et de prévoir, le cas échéant, les modalités de leur enlèvement et de leur traitement.

La quantité de biodéchets à traiter est un premier élément dimensionnant. Elle est à mettre au regard de :

- La capacité de traitement de l'équipement et ses possibilités d'extension (ajout de modules en parallèle pour augmenter la capacité) ;
- Le planning de fonctionnement journalier et hebdomadaire de l'installation.

Sur la base d'un fonctionnement de 8 heures par jour 5 jours par semaine, la quasi-totalité des équipements peuvent traiter plus de 10 000 t/an de biodéchets emballés et les plus performants atteignent 20 000 t/an. Les fabricants proposent des équipements industriels pouvant fonctionner plus de 6 000 heures par an. Ils peuvent ainsi traiter des quantités conséquentes de déchets. Pour les équipements hydromécaniques, compte tenu de leur coût d'investissement important, il est conseillé d'envisager des fonctionnements supérieurs à 3 000 heures/an.

La qualité des flux réceptionnés influence la capacité de traitement et le choix de la technique de déconditionnement. Plusieurs flux complètent généralement les flux emballés de la GMS traités sur une installation de déconditionnement, principalement ceux de l'industrie agroalimentaire, de la restauration commerciale ou collective, des marchés alimentaires ou des marchés de gros. La grande majorité des installations en activité ne traitent pas uniquement des flux de la GMS, par conséquent des mélanges de différents flux sont effectués avant le déconditionnement. Les systèmes de réception et de préparation au déconditionnement décrits dans le point suivant sont à concevoir en fonction des flux réceptionnés.

Réception de flux provenant d'établissements de l'industrie agroalimentaire :

L'IAA livre aux installations essentiellement des monoflux. Compte tenu de leurs caractéristiques, ils peuvent être traités de manière indépendante, moyennant des réglages spécifiques qui peuvent permettre d'augmenter le débit instantané des équipements.

Il est important de bien identifier les types de monoflux pouvant être traités par l'équipement et sa capacité de traitement dans ce cas. Les boissons ou les aliments liquides, conditionnés dans des flacons plastiques ou des briques, sont mélangés avec les autres flux sur certaines installations. Les liquides permettent de fluidifier le flux lors du traitement et de limiter l'ajout d'eau. Néanmoins, pour ces types de monoflux, des équipements spécifiques permettant un taux de récupération optimum sont disponibles sur le marché, et utilisés directement par l'industrie. De ce fait, l'accès à ce gisement est limité pour les sites généralistes.

Réception de flux provenant d'établissements de la restauration :

Leur conditionnement en sac ou en vrac influe particulièrement sur la performance des équipements. Tous ne peuvent pas accepter une grande quantité de sacs. Ainsi, une récupération en amont est conseillée pour certains d'entre eux. Les sacs peuvent limiter soit la capacité de traitement, soit la performance d'épuration.

Les flux provenant de la restauration peuvent comporter des erreurs de tri ou contenir des biodéchets spécifiques. Une attention particulière doit notamment être portée sur la capacité de l'équipement :

- À traiter des os et des coquilles, et ainsi envisager des possibilités d'épuration ou de préparation en amont du déconditionnement (trappe d'éjection des gros éléments, sélection des éléments grossiers) ;
- À traiter des fruits et légumes à peau dure (orange, ananas). Pour certains équipements, ils sont considérés comme des refus ;
- À épurer les emballages ou éléments cassants, qui créent des petits éléments. Le verre en particulier est systématiquement un indésirable ;
- À épurer des éléments métalliques (couverts de cuisine principalement) ;
- À épurer des éléments de petite taille (pailles de boisson, capsules de boisson, petits emballages de condiments).

Il peut être également intéressant d'étudier les possibilités d'adaptation de la ligne pour permettre un traitement adapté des fruits et légumes des marchés alimentaires ou des marchés de gros, en fonction de leur taux d'impuretés ou de leur facilité de déconditionnement (par exemple, le déballage préalable des caquettes à l'aide d'un trommel, et le broyage des fruits et légumes uniquement, une fois débarrassés des impuretés).

Enfin, il est à noter que des équipements de déconditionnement sont également utilisés pour traiter des flux de biodéchets triés par les ménages, notamment les équipements hydromécaniques.

Système de réception

La zone de réception doit permettre une vérification de la qualité du tri des flux réceptionnés et rendre accessible le massif de déchets pour retirer, le cas échéant, des éléments indésirables.

Le système le plus simple et le plus performant semble être une aire de réception au sol. Des trémies basculantes semblent également être adaptées. Les trémies enterrées sont intéressantes pour des volumes importants mais elles nécessitent la mise en place d'un contrôle qualité en amont du déversement.

À noter que la collecte en vrac dans des caisses palettes facilite la vérification de la qualité des flux réceptionnés. Le déversement des caisses palettes directement dans la trémie d'alimentation est alors possible.

Préparation et convoyage des flux

Les étapes de préparation du flux en amont du déconditionnement peuvent prendre différentes formes, en fonction des besoins de la ligne :

- Une homogénéisation du flux dans une trémie tampon ou par un convoyage double vis ;
- Une ouverture des sacs avec ou sans récupération ;
- Un détecteur de métaux (cas des équipements tolérant peu de métaux).

Ces étapes permettent le déchirement des sacs et de certains emballages, une humidification homogène et un mélange des flux pour ne pas concentrer d'éléments problématiques (amas d'écorces d'agrumes, lot d'os...).

L'étape d'homogénéisation est particulièrement nécessaire pour les équipements de types broyeur-séparateur. Pour les autres équipements, elle est effectuée lors du broyage en amont du module de séparation ou dans le pulpeur pour les équipements hydromécaniques.

Le transport des flux entrants et des refus en sortie s'effectue le plus souvent par un convoyeur à vis. Ce système a l'avantage de transporter le jus et d'effectuer le convoyage dans un tube fermé. Pour autant, certains fabricants proposent des tapis de convoyage qui sont moins chers que les convoyeurs à vis. La récupération des jus sous les tapis est alors nécessaire.

Le convoyage de la matière organique en sortie s'effectue généralement par pompage. Le taux de matière sèche du flux sera un élément déterminant dans le choix de la technologie de pompage. Les recherches sur les technologies de pompage n'ont pas fait partie des investigations de la présente étude. Néanmoins, il ressort des différents échanges avec les exploitants et les fabricants qu'une attention particulière doit être portée à la sélection de ces systèmes en tenant compte des différents paramètres caractérisant la matière organique (viscosité, taux de matière sèche, taux d'impureté, densité).

Broyage

Un broyage est systématiquement nécessaire avant l'étape de séparation de la matière organique ou lors de cette étape pour la famille des broyeurs séparateurs. Les broyeurs se divisent en deux grandes catégories : broyeur à vitesse de rotation lente (< 60 tours/min) ou rapide. Il se trouve que l'ensemble des broyeurs séparateurs sont dotés d'un broyage rapide.

Les broyeurs rapides créent plus d'éléments fins que les broyeurs lents. Ces éléments fins sont les plus difficiles à récupérer. Il semble nécessaire dans ce cas de prévoir un affinage de la matière organique. Cette épuration secondaire de la matière organique peut être effectuée sur site par l'ajout d'une presse à vis après le broyeur-séparateur, ou sur le site de méthanisation ou de compostage avant ou après traitement.

Les broyeurs lents traitent les produits en un seul passage et touchent moins à l'intégrité des emballages. Pour autant, l'utilisation de tels broyeurs ne permet pas obligatoirement de s'affranchir d'une étape secondaire d'affinage (par exemple, le broyage des emballages cassants pouvant créer des éléments fins). Cela est notamment le cas pour les équipements hydromécaniques.

La forme des cisailles pour les broyeurs lents et des marteaux pour les broyeurs rapides peut permettre d'adapter l'équipement aux différents flux à traiter. Par ailleurs, le taux d'usure sur les marteaux des broyeurs rapides ne doit pas être négligé pour maintenir la performance de l'équipement.

Taille des mailles des cribles de séparation

Sur la plupart des équipements, différentes tailles de mailles sont proposées au niveau du dispositif de séparation. La taille des mailles influe sur :

- La qualité d'épuration : plus elle est petite, plus les éléments fins sont récupérés ;
- La performance de récupération de la matière organique : plus elle est petite, plus les refus sont susceptibles de contenir de la matière organique ;
- La capacité de traitement : plus elle est large, plus la capacité est augmentée.

Un compromis est ainsi à trouver pour obtenir le bon équilibre.

Pour des flux emballés de la GMS, les tailles de maille les plus petites de l'équipement sont généralement conseillées par les fabricants. Pour des mono-flux de l'IAA, des tailles de mailles plus larges peuvent être utilisées. Les plus petites mailles se retrouvent sur les équipements de type presse à vis.

Ajout d'eau

En premier lieu, il est rappelé que l'eau ajoutée lors du processus de déconditionnement dans les installations étudiées ne provient pas du réseau d'eau potable. L'eau de lavage des équipements et des bacs ainsi que l'eau de pluie couvre la grande majorité des besoins.

Selon les fabricants, l'ajout d'eau est facultatif pour certains équipements de déconditionnement de type broyeur séparateur ainsi que pour l'équipement basé sur une séparation par rouleau compresseur. Néanmoins, il est important de prendre en compte que l'ajout d'eau permet de :

- Décolmater les grilles et fluidifier la matière organique pour faciliter sa récupération ;
- Laver les refus pour limiter la perte de matière organique.

Pour les équipements basés sur une séparation par presse à vis, l'ajout d'eau est effectué en amont en fonction du taux de matière sèche du flux entrant. Deux des équipements semblent pouvoir effectuer un traitement sans eau compte tenu du taux de matière sèche acceptée. L'autre, au contraire, impose un taux de matière sèche nécessitant un ajout d'eau.

Dans tous les cas, le calibrage de l'ajout d'eau est également fonction de :

- Du système de pompage de la matière organique ;
- Du taux de matière sèche accepté par l'installation de méthanisation.

Les quantités d'eau ajoutée ne sont pas négligeables (> 25 % du poids du flux entrant lors des essais menés sur trois installations). Lorsque le traitement par méthanisation n'est pas effectué sur le site de déconditionnement, il est important d'étudier l'influence de cet ajout sur le coût de transport de la matière organique et de son traitement.

Gestion et traitement de la matière organique

Il est rappelé qu'il n'existe pas de seuils réglementaires maximum à respecter pour les teneurs en indésirables inertes d'une pulpe organique issue d'un équipement de déconditionnement. Par défaut, ce flux est analysé suivant les modalités de la norme NFU 44-051 applicable aux composts, qui mentionne la norme NF U44-164 pour déterminer la teneur des inertes indésirables.

La définition du cahier des charges portant sur la qualité de la matière organique séparée établi avec les usines de méthanisation ou de compostage est donc particulièrement importante. Il doit notamment définir les modalités d'analyses et tenir compte des capacités d'épuration secondaire de ces exutoires.

Dans certains cas, le déconditionnement n'est pas une étape suffisamment performante pour atteindre d'emblée les critères de teneur en inertes et indésirables attendus pour un compost. Un affinage secondaire de la matière organique peut être nécessaire. Cette étape peut être effectuée sur site (exemple : presse à vis après un broyeur séparateur) ou sur l'installation de traitement par méthanisation ou compostage, en amont ou en aval du traitement.

L'épuration secondaire peut également consister en une décantation. Elle peut s'effectuer en partie dans les cuves de stockage, si le fond de cuve n'est pas pompé. Les équipements hydromécaniques intègrent des systèmes de décantation actifs ou passifs permettant une récupération des éléments fins lourds.

Il est également important de noter que même dans le cas où le déconditionnement est implanté sur une installation de méthanisation, des transferts de matière organique vers d'autres usines de méthanisation sont effectués. En effet, des aléas d'adéquation entre capacité de déconditionnement et de traitement par méthanisation se produisent pour toute installation.

Gestion et traitement des refus

La quantité de matière organique restant dans les refus n'est pas négligeable. C'est un des critères permettant de juger de la performance d'un équipement. Le poids des refus représente ainsi entre 5 et 15 % du poids des flux réceptionnés, ainsi leur coût de traitement impacte directement le coût d'exploitation du site.

Le stockage des refus s'effectue généralement dans des bennes classiques. Dans la majorité des cas, aucun traitement n'est effectué sur les refus. Cependant, certains fabricants proposent un lavage pour permettre de récupérer la matière organique restant sur les refus et faciliter leur stockage. À noter que l'ajout d'eau dans les broyeurs-séparateurs facilite le lavage des refus.

Il est à noter qu'au cours de l'étude, le seul système étudié de type presse à piston ne semble pas apporter la garantie d'un bon taux de récupération de la matière organique.

Les refus sont orientés vers l'incinération ou l'enfouissement. La présente étude n'étudie pas leur possibilité de valorisation sous forme de CSR, les refus devant obligatoirement passer par une étape de préparation avant de rejoindre cette filière. Elle se limite à présenter les résultats des analyses de deux des indicateurs permettant d'évaluer cette possibilité de traitement.

Maintenance et équipe d'exploitation

D'une manière générale, les coûts de maintenance et les pièces d'usures sont bien identifiés par les fabricants. Compte tenu du coût des équipements et de leur relative simplicité mécanique, l'équipe d'exploitation du site se charge en règle générale des opérations de maintenance. Elle peut avoir ponctuellement recours à un support technique du fabricant.

Les fabricants n'exploitent pas de sites. Une grande partie de la connaissance de la performance de l'équipement est détenue par les exploitants, et est liée à la diversité des flux de biodéchets traités associée à leur qualité intrinsèque. Il est important de capitaliser sur la connaissance acquise par l'équipe en place pour assurer la pérennité du fonctionnement.

Pour exploiter la ligne, l'équipe à mettre en place est généralement composée d'un responsable d'exploitation, d'un chef opérateur de l'équipement et d'agents pour la réception des flux, le lavage des contenants et le chargement de l'équipement. L'ensemble des fabricants indique qu'une seule personne suffit pour faire fonctionner l'équipement de déconditionnement (hors réception, maintenance, etc.). Le type d'équipement n'influe donc pas sur la composition de l'équipe.

Coût

Au-delà de la performance et l'organisation du site, la maîtrise des coûts de déconditionnement est liée :

- En amont, à la bonne organisation et la performance du tri à la source ;
- En aval, au respect d'un cahier des charges précis sur les modalités d'acceptabilité de la matière organique dans les installations de compostage et de méthanisation.

Sur ce dernier point, il est rappelé que le fournisseur de la machine s'engage sur ses performances, dans des conditions précises d'exploitation.

D'autre part, la configuration du site d'implantation et les contraintes administratives fixées pour le site influent fortement sur le coût d'investissement. Enfin, les fabricants restent prudents sur la durée d'amortissement des équipements. Elle est à spécifier avec les fabricants au cas par cas.

Annexes

Annexe n°1 : Questionnaire adressé aux fabricants d'équipement de déconditionnement

Lettre d'introduction rédigée par l'ADEME et questionnaire adressé aux fabricants.

Annexe n°2 : Fiches de synthèse

Les équipements listés ci-dessous font l'objet d'une fiche de synthèse annexée à ce rapport.

Entreprise	Siège de l'entreprise	Référence de l'équipement ou de la gamme	Entreprise	Siège de l'entreprise	Référence de l'équipement ou de la gamme
Atritor	Angleterre	<i>Turbo Separator*</i>	Huber technology	Allemagne	<i>STRAINpress®*</i>
BELLMER KUFFERATH	Allemagne	<i>AKUPRESS® AS*</i>	Hybag	Suisse	<i>System Tutto*</i>
BTA International	Allemagne	<i>Pré-traitement hydro-mécanique*</i>	Komptech	Autriche	<i>Bio all-rounder</i>
Cesaro	Italie	<i>Tiger HS 640</i>	Mavitec	Pays-Bas	<i>Biodeconditionneur™</i>
GreenCREATIVE	France	<i>FLEXIDRY®</i>	Putzmeister	Allemagne	<i>EKO 1260 TP</i>
Haarslev Industries	Danemark	<i>Waste Food Depacker</i>	SMICON	Pays-Bas	<i>SMIMO</i>

Tableau 23 : Liste des équipements faisant l'objet d'une fiche de synthèse

Annexe n°3 : Résultats détaillés de l'analyse d'échantillons de matière organique prélevés lors des essais menés sur cinq installations de déconditionnement

Pour bien comprendre les résultats du taux d'indésirables des échantillons de pulpe organique prélevés présentés dans le tableau ci-dessous, il importe de garder en mémoire l'avertissement présenté en point 8.2.2. Il y est notamment rappelé que certaines graisses ont été comptées dans les éléments fins.

Les tableaux ci-dessous présentent la qualité de la pulpe organique obtenue. Ces données permettront de déterminer le taux d'épuration et de captation.

La somme (indésirables totaux + MONS) est inférieure ou supérieure à 100%, ce qui s'explique par les différentes sources d'imprécision (prise d'échantillon, pertes au cours des essais, pesées, ...).

Site visité	Taux de matière sèche	MOT (en % MS)	MONS (en % MS)
Site 1	31 %	93,07 %	Non déterminée
Site 2	15 %	93,49 %	92,66 %
Site 3	16 %	92,73 %	91,70 %
Site 4	21 %	93,68 %	93,57 %

Tableau 24 : Taux de matière sèche, de Matière Organique Totale, de cendres et de Matière Organique Non Synthétique relevés dans la pulpe organique

Rappel : les sites ont été anonymisés et cette numérotation est sans rapport avec le tableau 17 de l'étude

Site visité	Taux d'impuretés supérieures à 2 mm (Verre, métaux, plastiques)	Taux d'indésirables supérieurs à 2 mm (Verre, métaux, plastiques, cailloux-calcaire)	Taux d'indésirables en prenant en compte l'ensemble des éléments fins
Site 1	Non déterminée		
Site 2	1,00 %	1,26 %	15,16 %
Site 3	1,28 %	2,07 %	3,76 %
Site 4	0,25 %	0,3 %	7,53 %

Tableau 25 : Résumé du taux d'impuretés et d'indésirables des échantillons de pulpe organique prélevée (en % MS)

Rappel : les essais ont été conduits sur une durée courte et le nombre d'échantillons prélevés est faible. De plus les performances des sites sont sujettes à des variations en fonction notamment de la composition des déchets entrants.

Site 2	Prise d'essai sur sec	106,20 g					
	Maille du tamis	Elements fins restants à la fin du test	Cailloux-calcaire	Verre	Métaux	Films et PSE	Autres plastiques
	>5 mm ronde		0,00 g	0,00 g	0,00 g	0,24 g	0,68 g
	2 mm à 5 mm ronde		0,28 g	0,09 g	0,00 g		0,05 g
	< 2mm ronde	14,76 g					
	% par catégorie	13,90%	0,26%	0,08%	0,00%	0,23%	0,69%
Site 3	Prise d'essai sur sec	97,00 g					
	Maille du tamis	Elements fins restants à la fin du test	Cailloux-calcaire	Verre	Métaux	Films et PSE	Autres plastiques
	>5 mm ronde		0,65 g	0,10 g	0,00 g	0,87 g	0,24 g
	2 mm à 5 mm ronde		0,12 g	0,03 g	0,00 g		0,00 g
	< 2mm ronde	1,64					
	% par catégorie	1,69%	0,79%	0,13%	0,00%	0,90%	0,25%
Site 4	Prise d'essai sur sec	108,50 g					
	Maille du tamis	Elements fins restants à la fin du test	Cailloux-calcaire	Verre	Métaux	Films et PSE	Autres plastiques
	>5 mm ronde		0,06 g	0,00 g	0,00 g	0,09 g	0,02 g
	2 mm à 5 mm ronde		0,00 g	0,13 g	0,00 g		0,03 g
	< 2mm ronde	7,84 g					
	% par catégorie	7,23%	0,05%	0,12%	0,00%	0,08%	0,05%

Tableau 26 : Résultats détaillés de l'analyse des indésirables des échantillons de pulpe organique prélevée

Annexe n°4 : Résultats détaillés de l'analyse d'échantillons de refus prélevés lors des essais menés sur cinq installations de déconditionnement

Pour bien comprendre les résultats de l'analyse des indésirables des échantillons de refus prélevés présentés dans le tableau ci-dessous, il importe de garder en mémoire l'avertissement présenté en point 8.2.2. Il y est notamment rappelé que certaines graisses ont été comptées dans les éléments fins, et que la mesure de la teneur en éléments fins < 2 mm est particulièrement délicate à mettre en œuvre et reste donc dépendante de l'opérateur.

Les tableaux ci-dessous présentent la qualité des refus obtenus. Ces données permettront de déterminer le taux d'épuration et de captation.

La somme indésirables totaux et MONS est inférieure ou supérieure à 100%, ce qui s'explique par les différentes sources d'imprécision (prise d'échantillon, pertes au cours des essais, pesée...).

Site visité	Taux de matière sèche	MOT (en % MS)	MONS (en % MS)
Site 1	63 %	95,43 %	28,54 %
Site 2	41 %	90,53 %	50,95 %
Site 3	34 %	91,92 %	47,19 %
Site 4	40 %	96,86 %	65,99 %

Tableau 27 : Taux de matière sèche, de Matière Organique Totale et de Matière Organique Non Synthétique relevés dans les refus

Site visité	Taux d'impuretés supérieures à 2 mm (Verre, métaux, plastiques)	Taux d'indésirables supérieurs à 2 mm (Verre, métaux, plastiques, cailloux-calcaire)	Taux d'indésirables en prenant en compte l'ensemble des éléments fins
Site 1	75,42 %	75,56 %	75,75 %
Site 2	47,79 %	48,87 %	48,87 %
Site 3	49,82 %	51,53 %	55,92 %
Site 4	28,06 %	27,95 %	28,06 %

Tableau 28 : Résumé du taux d'impuretés et d'indésirables des échantillons des refus prélevés (en % MS)

Site 1	Prise d'essai sur sec	262,60 g					
	Maille du tamis	Elements fins restants à la fin du	Cailloux-calcaire	Verre	Métaux	Films et PSE	Autres plastiques
	>5 mm ronde		0,38 g	0,00 g	2,90 g	110,32 g	78,75 g
	2 mm à 5 mm ronde		0,00 g	0,00 g	0,00 g		6,08 g
	< 2mm ronde	0,49 g					
	% par catégorie	0,19%	0,14%	0,00%	1,10%	42,01%	32,30%
Site 2	Prise d'essai sur sec	350,70 g					
	Maille du tamis	Elements fins restants à la fin du	Cailloux-calcaire	Verre	Métaux	Films et PSE	Autres plastiques
	>5 mm ronde		3,70 g	0,00 g	13,34 g	103,40 g	47,91 g
	2 mm à 5 mm ronde		0,09 g	0,00 g	0,00 g		2,94 g
	< 2mm ronde	0,00 g					
	% par catégorie	0,00%	1,08%	0,00%	3,80%	29,48%	14,50%
Site 3	Prise d'essai sur sec	323,20 g					
	Maille du tamis	Elements fins restants à la fin du	Cailloux-calcaire	Verre	Métaux	Films et PSE	Autres plastiques
	>5 mm ronde		5,12 g	0,00 g	0,39 g	100,53 g	59,77 g
	2 mm à 5 mm ronde		0,41 g	0,00 g	0,01 g		0,33 g
	< 2mm ronde	14,18 g					
	% par catégorie	4,39%	1,71%	0,00%	0,12%	31,10%	18,60%
Site 4	Prise d'essai sur sec	280,00 g					
	Maille du tamis	Elements fins restants à la fin du	Cailloux-calcaire	Verre	Métaux	Films et PSE	Autres plastiques
	>5 mm ronde		0,05 g	2,46 g	0,91 g	43,70 g	29,83 g
	2 mm à 5 mm ronde		0,26 g	0,60 g	0,02 g		0,74 g
	< 2mm ronde	0,00 g					
	% par catégorie	0,00%	0,11%	1,09%	0,33%	15,61%	10,92%

Tableau 29 : Résultats détaillés de l'analyse des indésirables des échantillons de refus prélevée

Références bibliographiques

- [Chamard, Technologies de déemballage des produits alimentaires périmés, RECYC-QUÉBEC, août 2015.](#)
- [ORDIF, Les installations de traitement des biodéchets au 01.01.2016 en Île-de-France, Mars 2016.](#)
- [RecyclingWorks Massachusetts, Summary of food de-packing technologies, Novembre 2014.](#)
- [Recycling Technologies Bayern, Anaerobic Digestion of Organic Wastes, Technologies for removal of contaminations, IFAT 2012, Mai 2012.](#)
- [Sunbeam Gmbh, New opportunities for farming, industry and the environment, Biogas an all-rounder, 2015.](#)
- [WRAP, Review of Food Waste Depackaging Equipment, Avril 2009.](#)

Index des tableaux et figures

Tableaux

Tableau 1 : Inventaire des équipements de déconditionnement	17
Tableau 2 : Hiérarchisation des équipements de déconditionnement pour permettre une sélection en vue de réaliser des fiches de synthèse.....	19
Tableau 3 : Représentativité de la sélection d'équipement	19
Tableau 4 : Exemple d'équipements non retenus lors du recensement	20
Tableau 5 : Nombre d'équipements de déconditionnement implantés en France, en Europe et dans le Monde en 2015 [n=13].....	23
Tableau 6 : Répartition des différentes technologies par sous-catégories selon le nombre d'installations en activité et en construction en France métropolitaine en 2016 [n=32].....	25
Tableau 7 : Classification des technologies de déconditionnement	27
Tableau 8 : Comparaison de la taille des mailles des cribles des équipements sélectionnés [n=14]	32
Tableau 9 : Comparaison des équipements au regard des biodéchets difficiles à traiter [n=10]	34
Tableau 10 : Classification des lignes de déconditionnement en fonction de leur capacité [n=12].....	36
Tableau 11 : Performance pour la captation de la matière organique des lignes de déconditionnement [n=12].....	36
Tableau 12 : Performance pour l'épuration de la matière organique des lignes de déconditionnement (taux d'impuretés exprimé sur matière sèche) [n=12].....	37
Tableau 13 : Taux de matière sèche des biodéchets entrants à partir duquel de l'eau doit être ajoutée [n=12]	39
Tableau 14 : Puissance totale des équipements d'une ligne de déconditionnement [n=9]	41
Tableau 15 : Consommation électrique des équipements d'une ligne de déconditionnement [n=10]	42
Tableau 16 : Coût d'achat d'une ligne de déconditionnement [n=10]	43
Tableau 17 : Présentation des sites visités	47
Tableau 18 : Reconstitution de la composition de la part d'indésirables du flux entrant traité pendant l'essai (en % de MS)	51
Tableau 19 : Capacité de traitement sur matière brute de la ligne de déconditionnement et quantité d'eau ajoutée au cours de l'essai	51
Tableau 20 : Estimation du taux d'épuration des impuretés et indésirables des lignes de déconditionnement lors des essais (en % MS)	52
Tableau 21 : Estimation du taux de captation des lignes de déconditionnement lors des essais en tenant compte des impuretés ou des indésirables (en % MS)	53
Tableau 22 : Simulation du coût de fonctionnement d'une installation d déconditionnement en fonction des quantités traitées et de la durée d'amortissement de l'équipement de déconditionnement	58
Tableau 23 : Liste des équipements faisant l'objet d'une fiche de synthèse	64
Tableau 24 : Taux de matière sèche, de Matière Organique Totale, de cendres et de Matière Organique Non Synthétique relevés dans la pulpe organique	65
Tableau 25 : Résumé du taux d'impuretés et d'indésirables des échantillons de pulpe organique prélevée (en % MS)	65
Tableau 26 : Résultats détaillés de l'analyse des indésirables des échantillons de pulpe organique prélevée	66
Tableau 27 : Taux de matière sèche, de Matière Organique Totale et de Matière Organique Non Synthétique relevés dans les refus	67
Tableau 28 : Résumé du taux d'impuretés et d'indésirables des échantillons des refus prélevés (en % MS).....	67
Tableau 29 : Résultats détaillés de l'analyse des indésirables des échantillons de refus prélevée	68

Figures

Figure 1 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement	5
Figure 2 : Emprise au sol des différentes zones composant une installation de déconditionnement (les aires couvertes sont indiquées en orange ; données indicatives variables selon le tonnage annuel, l'implantation ou non un site de valorisation organique et le type de contenant utilisé)	6
Figure 3 : Activité principale des fabricants (en marron les activités liées à la gestion des déchets) [n=20]	21
Figure 4 : Chiffre d'affaires des fabricants dans le domaine de la gestion des déchets [n=9]	22
Figure 5 : Évolution du nombre d'équipements de déconditionnement commercialisés [n=14]	23
Figure 6 : Répartition des différentes technologies selon le nombre d'installations en activité en Europe [n=13]	24
Figure 7 : Répartition des différentes technologies selon le nombre d'installations en activité en France métropolitaine [n=26]	24
Figure 8 : Répartition des installations de déconditionnement par type d'implantation en France métropolitaine [n=31]	25
Figure 9 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement	26
Figure 10 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement intégrant un broyeur séparateur	29
Figure 11 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement intégrant une presse à vis	30
Figure 12 : Schéma générique d'une ligne de déconditionnement hydromécanique	31
Figure 13 : Taux de matière sèche de différents types de biodéchets (Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation, SOLAGRO et INDDIGO, ADEME, 2013)	39
Figure 14 : Emprise au sol des différentes zones composant une installation de déconditionnement (les aires couvertes sont indiquées en orange ; données indicatives variables selon le tonnage annuel, l'implantation ou non un site de valorisation organique et le type de contenant utilisé)	46
Figure 15 : Définitions des indésirables et des impuretés	49
Figure 16 : Exemples d'éléments fins passant à travers une maille de 2 mm	50
Figure 17 : Pouvoir bio méthanogène (en m ³ de biogaz/t de matière sèche)	53
Figure 18 : Pouvoir bio méthanogène de différents types de biodéchets (Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation, SOLAGRO et INDDIGO, ADEME, 2013) comparé à ceux traités lors des essais (en m ³ de CH ₄ /t de matière brute)	54
Figure 19 : PCI en kcal/kg des refus prélevés (sur MS)	55
Figure 20 : Teneur en chlore des refus prélevés (sur MS)	55
Figure 21 : Répartition des coûts de traitement pour une installation traitant 10 000 tonnes par an et un retour sur investissement de 5 ans sur l'équipement	58

Sigles et acronymes

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
DBO5	Demande biologique en oxygène sur 5 jours
FNADE	Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement
FS	Fraction soluble
MES	Matière en suspension
MO	Matière organique
MOT	Matière organique totale
MONS	Matière organique non synthétique
MS	Matière sèche
PCI	Pouvoir calorifique inférieur
Refus	Flux d'indésirable sortant de l'équipement de déconditionnement
PSE	Polystyrène expansé
WRAP	Waste and Resources Action Programme

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr