



**HAL**  
open science

## **Options technologiques de valorisation des biodéchets collectés en territoires urbains - Retours européens**

Association Record, M.-A. Marcoux, M. Rondel, J. Tilbian, C. Vieille-Cessay

### ► **To cite this version:**

Association Record, M.-A. Marcoux, M. Rondel, J. Tilbian, C. Vieille-Cessay. Options technologiques de valorisation des biodéchets collectés en territoires urbains - Retours européens. n°20-0421/1A, RECORD. 2022, pp.216. <hal-05070982>

**HAL Id: hal-05070982**

**<https://hal.science/hal-05070982v1>**

Submitted on 26 May 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

# Valorisation des biodéchets collectés en territoires urbains

*Retours européens*



C4H5O2\_5 2/ 9/99 THERMC 4H 50 2 0G 300.000 5000.000/ 1392.000 1  
1.64121890E+01 1.20184883E-02-4.40468566E-06 7.30124728E-10-4.42784365E-14 2

**OPTIONS TECHNOLOGIQUES DE VALORISATION DES  
BIODECHETS COLLECTES EN TERRITOIRES URBAINS  
RETOURS EUROPEENS**

**RAPPORT FINAL**

**mai 2022**

**M.-A. MARCOUX, M. RONDEL, J. TILBIAN, C. VIEILLE-CESSAY – ECOGEOS**



Créée à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD est depuis 1989, le catalyseur d'une coopération entre industriels, institutionnels et chercheurs.

Acteur reconnu de la recherche appliquée dans le domaine des déchets, des sols pollués et de l'utilisation efficace des ressources, RECORD a comme objectif principal le financement et la réalisation d'études et de recherches dans une perspective d'économie circulaire.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et institutionnels) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

**Avertissement :**

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :  
**RECORD**, Options technologiques de valorisation des biodéchets collectés en territoires urbains – Retours européens, 2022, 216 p, n°20-0421/1A
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de la transition écologique)  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

**Comité de suivi de l'étude :**

Laetitia AUBEUT-CHOJNACKI – GRDF, Rémy BAYARD – RECORD / INSA de Lyon, Anne-Sophie COINCE – EDF R&D TREE, Bénédicte COUFFIGNAL - RECORD, Christine DAVID – INRS, Cyprien DONNET – ADEME, Nicolas FATH – Ministère de la transition Ecologique, Arthur FENART – SECHE ENVIRONNEMENT, Alexandra GENTRIC – ADEME, Morgane GORRIA – PAPREC, Marine JUGE – ENGIE, Geoffroy KARAKACHIAN - ENGIE, Robert LASSARTESES – RENAULT, Loic LOILLER – VEOLIA, Chloé MAHE – ADEME, Lydie MARTIN – SUEZ, Florian MONLAU – Total Energies, Cécilia SAMBUSTI – Total Energies, Guillaume TURATI – ADEME, Sandrine VILLEDIEU – SUEZ

© RECORD, 2022

## **RESUME**

La présente étude évalue les options technologiques de valorisation et du traitement des biodéchets produits sur des territoires à typologie urbaine. Elle repose sur un benchmark à l'échelle européenne de différentes métropoles ayant mis en place des collectes de biodéchets en vue de leur valorisation. Les retours d'expériences indiquent globalement que la méthanisation des déchets alimentaires est favorisée à cette échelle urbaine. Le compostage reste toutefois possible sous certaines conditions, et représente une solution relativement simple, à faible coût d'investissement et de fonctionnement. Concernant la méthanisation, différents choix de procédés existent, qui dépendent et/ou impactent les intrants et sortants. Leur sélection repose sur des critères à la fois techniques, organisationnels et socio-économiques. De manière générale, l'étude identifie les facteurs clés définissant les stratégies à l'échelle d'une collectivité. Chaque stratégie résulte à la fois des incitations politiques et financières nationales, mais aussi des conditions locales (gisement, exutoires, velléités politiques des acteurs, historique, etc.). Par ailleurs, les stratégies ne sont pas figées et leur évolution et adaptabilité représentent un enjeu pour la pérennité et la performance d'une installation dans le temps. Alors que l'étude a bien identifié les facteurs de réussite et points bloquants pour chaque retour d'expérience, correspondant chacun à une configuration particulière, des données économiques manquent pour évaluer la rentabilité et les performances des différentes filières.

## **MOTS CLES**

Biodéchet, tri à la source, déchet alimentaire, valorisation, métropoles, méthanisation, compostage, Copenhague, Liège, Genève, Uppsala, Bristol, Lorient

---

## **SUMMARY**

This study evaluates the technological options for the recycling and treatment of biowaste produced in urban areas. It is based on a European benchmark of different cities that have set up biowaste collection for valorization.

The experience feedback indicates that the methanization of food waste is favoured at the urban scale. However, composting represents a simpler solution, with low investment and operating costs, which is relevant in certain conditions. Concerning anaerobic digestion, different alternative processes do exist, depending on available inputs and desired outputs and impacts. Their selection is based on technical, organizational and socio-economic criteria. The study identifies the key factors defining strategies at the community level. Each strategy is the result of both national political and financial incentives, but also of local conditions (resources, outflows, political will of the actors, history, etc.). Moreover, strategies are not fixed and their evolution and adaptability represent a challenge for the sustainability and performance of a facility over time. While the study has clearly identified the success factors and blocking points for each experience feedback, each corresponding to a particular configuration, economic data are missing to evaluate the profitability and performance of the different systems.

## **KEY WORDS**

Biowaste, source separation of waste, food waste, recycling, urban areas, methanization, composting, circular economy, Copenhagen, Liege, Geneva, Uppsala, Bristol, Lorient, biogas, compost

## Glossaire des abréviations

<b>ASQA</b>	Amendement Sélectionné Qualité Attestée
<b>CGCT</b>	Code Général des Collectivités Territoriales
<b>DAE</b>	Déchets d'Activités Economiques
<b>DCT</b>	Déchets de Cuisine et de Table
<b>DDcsPP</b>	Direction Départementale de la cohésion sociale et de la Protection des Populations
<b>DMA</b>	Déchets Ménagers et Assimilés
<b>ECN</b>	European Compost Network
<b>EEA</b>	European Environment Agency
<b>ICPE</b>	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
<b>LAGEC</b>	Loi Anti-Gaspillage pour une Economie Circulaire
<b>LTECV</b>	Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte
<b>OMR</b>	Ordures Ménagères Résiduelles
<b>PPE</b>	Programmation Pluriannuelle de l'énergie
<b>PRPGD</b>	Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets
<b>SPAn</b>	Sous-Produit Animaux
<b>TGAP</b>	Taxe Générale sur les Activités Polluantes
<b>UAB</b>	Utilisable en Agriculture Biologique

## Sommaire

Glossaire des abréviations .....	4
Sommaire .....	5
Introduction générale .....	7
1. Contexte et objectifs de l'étude .....	7
2. Périmètre de l'étude .....	7
3. Méthodologie .....	7
4. Organisation du rapport .....	8
Phase 1 : Mise en contexte.....	9
1. Les biodéchets .....	9
1.1. Définitions .....	9
1.2. Chiffres clés.....	10
2. Contexte réglementaire .....	12
2.1. Directives cadres européennes sur les déchets .....	12
2.2. Réglementation sanitaire .....	12
2.2.1. Définition des sous-produits animaux (SPAn) .....	12
2.2.2. Modalités de collecte et de transport des SPAn.....	14
2.2.3. Modalités de traitement/valorisation des SPAn .....	14
3. La gestion des biodéchets en Europe .....	16
3.1. Généralités sur la gestion des biodéchets en Europe .....	16
3.1.1. Gaspillage alimentaire .....	16
3.1.2. Composition des biodéchets .....	16
3.1.3. Collecte séparée des biodéchets .....	17
3.1.4. Capacité de traitement .....	18
3.2. Quelques exemples d'application en Europe .....	21
3.2.1. France .....	21
3.2.2. Allemagne.....	26
3.2.3. Royaume-Uni.....	26
3.2.4. Suède .....	28
3.2.5. Italie.....	29
3.2.6. Espagne.....	30
3.2.7. Synthèse pour les principaux pays européens.....	31
4. Enjeux associés à la gestion des biodéchets.....	33
4.1. Généralités.....	33
4.1.1. Hiérarchie de gestion des déchets .....	33
4.1.2. Enjeux économiques.....	34
4.1.3. Acceptation des biodéchets municipaux sur des installations traitant d'autres déchets.....	35
4.1.4. Acceptation des installations .....	35
4.2. Enjeux liés à la collecte.....	35
4.3. Enjeux du compostage industriel.....	38
4.3.1. Enjeux vis-à-vis des intrants .....	38
4.3.2. Enjeux vis-à-vis des procédés .....	39
4.3.3. Enjeux vis-à-vis de la valorisation des sortants .....	41
4.4. Enjeux de la méthanisation .....	44
4.4.1. Enjeux vis-à-vis des intrants .....	44
4.4.2. Enjeux vis-à-vis des process .....	47
4.4.3. Enjeux vis-à-vis de la valorisation des sortants : le biogaz .....	50

4.4.4. Enjeux vis-à-vis de la valorisation des sortants : le digestat .....	54
4.5. Procédés innovants .....	55
Phase 2 : Etat des lieux européen .....	61
1. Méthodologie et périmètre .....	61
2. Présentation des fiches .....	62
3. Synthèse des fiches .....	63
Phase 3 : Analyse détaillée de la stratégie de valorisation de plusieurs villes européennes ....	68
4. Méthodologie d'enquête.....	68
5. Présentation des fiches .....	68
5.1. Fiches retours d'expérience détaillés .....	69
5.2. Mode de gestion du service .....	128
5.3. Les déchets acceptés .....	128
5.4. Le mode de valorisation .....	131
5.5. Le procédé de traitement .....	131
5.6. La valorisation des co-produits (compost et digestat) .....	133
5.7. La valorisation du biogaz .....	135
5.8. Autres valorisations .....	137
5.9. Traitement des odeurs .....	137
5.10. Données économiques .....	139
Phase 4 : Analyse comparative des stratégies de valorisation .....	141
6. Analyse comparative des stratégies de valorisation adoptées .....	141
6.1. Facteurs définissant les stratégies .....	141
6.2. Mode de gestion du service .....	144
6.3. Choix d'un procédé.....	145
6.4. Choix en termes de valorisation des sortants .....	146
6.5. Dimensionnement de l'unité .....	148
6.6. Déchets réceptionnés .....	149
6.7. Aspect environnemental.....	151
6.8. Concertation et communication autour des projets de valorisation de la matière organique .....	154
Bilan et perspectives .....	155
Références .....	159
Annexes .....	162

# Introduction générale

## 1. Contexte et objectifs de l'étude

Cette étude dresse un état de l'art des options technologiques disponibles ou en cours de développement pour la gestion des biodéchets collectés sur les territoires des grandes métropoles européennes. Plus précisément, les objectifs consistent à :

- Décrire les différentes stratégies de traitement et de valorisation des biodéchets urbains actuellement déployées en Europe ;
- Comparer ces filières et évaluer les technologies les plus prometteuses en termes de valorisation matière et énergie ;
- Présenter les retours d'expérience des options technologiques et de leurs combinaisons, en tenant compte de l'origine et des caractéristiques des gisements de biodéchets (consignes de tri, qualité du tri à la source, etc.), des contraintes du territoire, et des contraintes associées à la gestion des produits issus du traitement ;
- Évaluer ces stratégies sur le plan économique, organisationnel et technique ;
- Mettre en exergue les principaux facteurs de réussite techniques, mais également en termes de mode de montage de projet (concertation, étude préalable...) pour la mise en place de ces filières ainsi que les points de vigilance (points sensibles et principales contraintes) ;
- Évaluer la transposabilité des expériences étrangères sur le territoire français en précisant leurs conditions d'application.

## 2. Périmètre de l'étude

Cette étude concerne la gestion et la valorisation des biodéchets à l'échelle d'un territoire urbain. Au démarrage de l'étude, aucune restriction sur les déchets à considérer (types et origines) n'est appliquée, de manière à identifier et comprendre les choix qui ont été fait par les territoires en termes de gisements pris en charge. Toutefois, les enjeux reposent principalement sur le tri et la valorisation des déchets alimentaires, d'où l'intérêt de mieux cibler ces derniers. Ainsi, les retours d'expérience ciblent à minima les déchets alimentaires. L'articulation avec les autres types de déchets, et notamment les déchets verts est toutefois évaluée.

De même, l'approche concerne prioritairement les déchets ménagers et assimilés, mais les déchets acceptés dans la ou les filières de traitement sont évalués, ainsi que l'articulation entre la prise en charge de ces différents déchets.

Les zones urbaines considérées sont les métropoles de plus de 100 000 habitants avec les territoires urbains et péri-urbains associés. En termes de typologie, les zones urbaines sont sélectionnées en fonction de leur diversité, avec définition de critères permettant in fine de les qualifier, afin d'évaluer la transposabilité des retours d'expérience, selon les contextes locaux.

L'étude concerne principalement l'étape de valorisation des biodéchets. Toutefois, les choix antérieurs (éléments de collecte et dispositifs de gestion de proximité notamment) et leur impact sur les solutions de traitement mises en œuvre en fonction des solutions sélectionnées sont évalués.

**Pour plus d'informations sur l'étape de collecte, l'ADEME a dressé un panorama de la collecte séparée des biodéchets sur plusieurs villes à l'échelle internationale, présentant des retours d'expérience variés en termes de modalités de collecte (ADEME, 2022b).**

L'étude s'intéresse prioritairement à des schémas déjà établis (technologies éprouvées) et avec un retour sur la maturité des projets. Cependant, les procédés émergents (comme la micro-méthanisation) sont évoqués dans les phases préliminaires.

## 3. Méthodologie

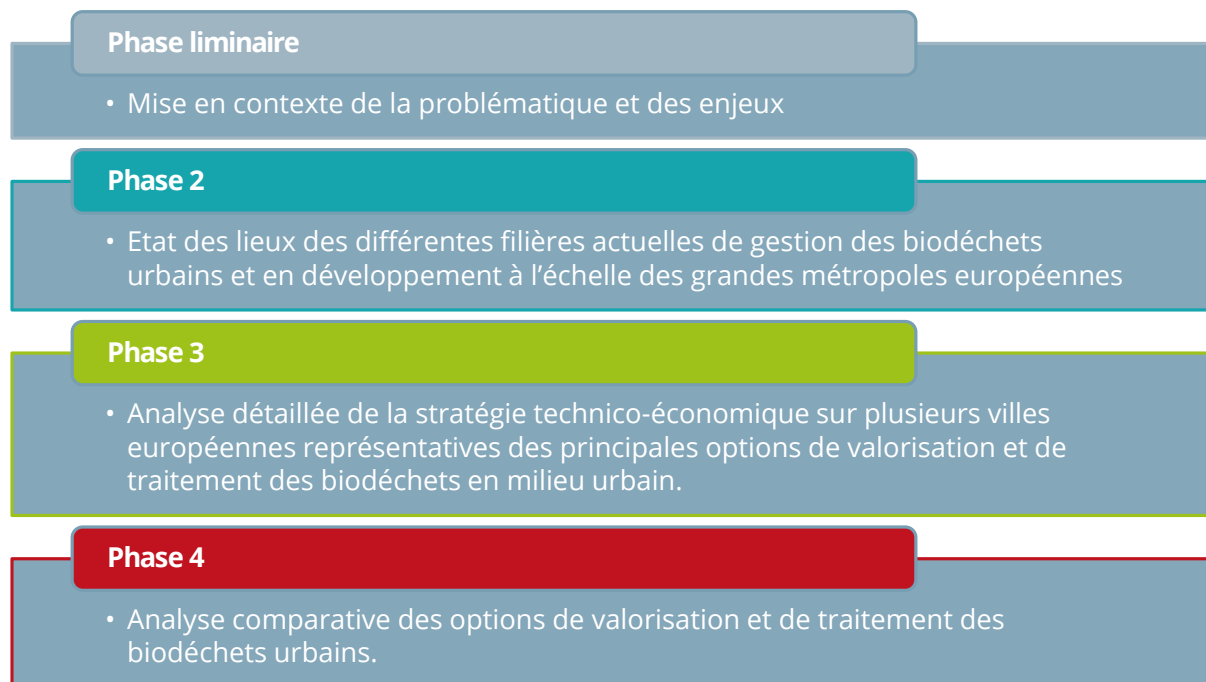
La présente étude s'organise en quatre phases :

1. Une phase liminaire visant une mise en contexte de la problématique et des enjeux techniques et économiques associés à la valorisation et au traitement des biodéchets produits dans les territoires urbains.
2. Une deuxième phase dressant un état des lieux aussi exhaustif que possible de la littérature à l'échelle des grandes métropoles européennes, concernant les différentes filières, actuelles et en

développement, de gestion des biodéchets urbains. Une trentaine de cas d'études, parmi les plus intéressants, sont approfondis selon une grille d'analyse spécifique.

3. Une troisième phase ayant pour but de réaliser une analyse plus détaillée de la stratégie technico-économique sur 6 villes européennes pertinentes et représentatives des principales options de valorisation et de traitement des biodéchets en milieu urbain. Cette analyse a été réalisée sur la base d'enquêtes auprès de retours d'expériences pré-sélectionnés.

4. Une dernière phase visant à réaliser une analyse comparative des options de valorisation et de traitement des biodéchets urbains.



**Figure 1. Etapes méthodologiques de l'étude (RECORD, 2022).**

#### **4. Organisation du rapport**

Le rapport présente la mise en contexte de la problématique et des enjeux (phase 1), l'état des lieux bibliographique recensant les stratégies de gestion des biodéchets à l'échelle urbaine en Europe (phase 2), l'analyse détaillée de la stratégie mise en œuvre sur 6 villes européennes (phase 3, fiches retours d'expérience incluses) ainsi que l'analyse comparative des options de valorisation et de traitement des biodéchets urbains (phase 4).

Les fiches Phase 2 sont présentées en Annexe 2.

# Phase 1 : Mise en contexte

## 1. Les biodéchets

### 1.1. Définitions

Les **biodéchets** sont définis par l'article L541-1-1 du code de l'environnement comme : « les déchets non dangereux biodégradables de **jardin ou de parc**, les **déchets alimentaires ou de cuisine** provenant des ménages, des bureaux, des restaurants, du commerce de gros, des cantines, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que les déchets comparables provenant des usines de transformation de denrées alimentaires. »

Les déchets verts et les déchets alimentaires ont des caractéristiques différentes (composition, densité, saisonnalité, réglementation applicable, etc.) impliquant des modalités de gestion spécifiques.

Conformément aux recommandations de l'ADEME (2018), les **déchets verts** doivent être orientés vers des solutions de gestion en grande majorité déjà en place : prioritairement la gestion de proximité (promotion du compostage, broyage, paillage, mulching, choix d'espèces à croissance lente, etc.) puis vers les déchèteries où le coût de gestion (collecte et traitement) est moins important qu'en collecte séparée.

**Les déchets alimentaires des ménages**, de même que les déchets alimentaires des restaurants sont composés de déchets de cuisine et de table (DCT), qui comprennent toutes les matières animales ou végétales, crues ou cuites, issues des cuisines (préparations des repas) ou du service de repas (restes alimentaires des assiettes et des plats) dont les huiles alimentaires ou de cuisson usagées (HCU), y compris les huiles d'origine végétale. Parmi ces déchets alimentaires, une partie peut être évitée à la source, via la réduction du gaspillage alimentaire.

Le **tri à la source des biodéchets** regroupe l'ensemble des opérations qui permettent de séparer ces biodéchets des autres déchets et de les conserver séparément, avec un « tri ayant lieu avant toute opération de collecte, ou avant toute opération de valorisation lorsque cette opération de valorisation est effectuée sur le site de production des déchets ». Il s'agit des solutions de compostage de proximité (compostage individuel ou partagé) et de collecte séparée (en porte-à-porte ou en point d'apport volontaire). Ces deux approches ne s'excluent pas, elles sont **complémentaires** et offrent des solutions adaptées, en fonction des typologies d'utilisateurs à desservir, de la typologie d'habitat, des solutions existantes ou encore des exutoires et débouchés disponibles.

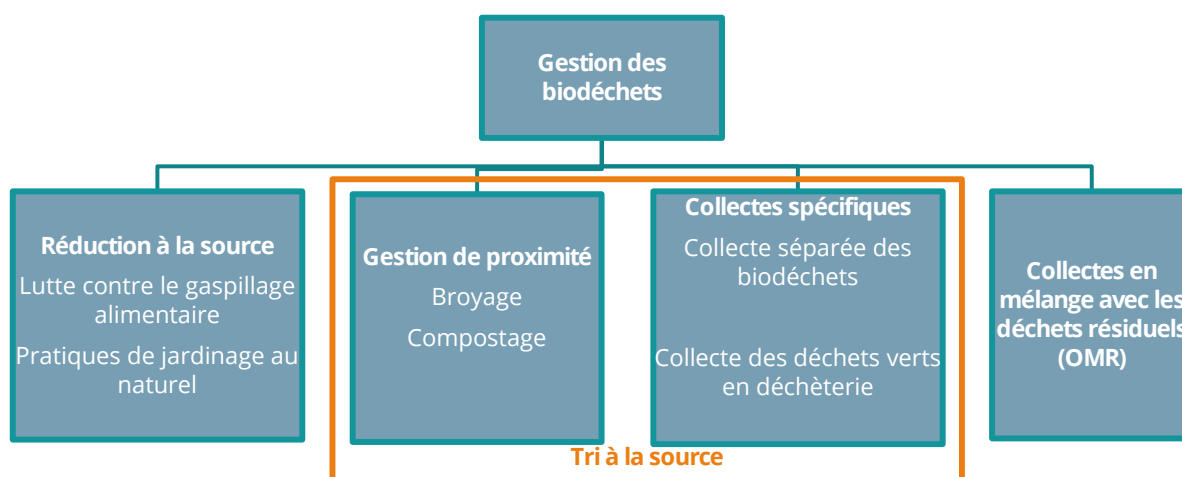
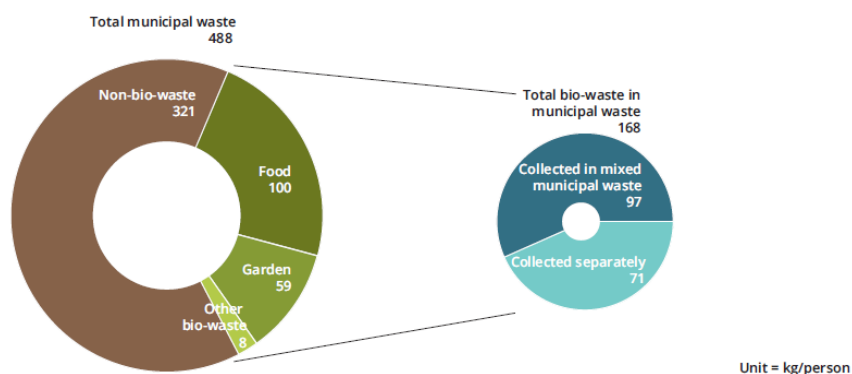


Figure 2. Les modalités de gestion des biodéchets (RECORD, 2022).

## 1.2. Chiffres clés

Les biodéchets représentent une part importante des déchets ménagers européens. En 2017, l'Union Européenne (28 pays membres) a généré 488 millions de tonnes de déchets municipaux (Eurostat, 2019 : les déchets municipaux au sens d'Eurostat correspondent aux DMA sans les gravats), parmi lesquels environ 34 %, soit 86 millions de tonnes ou 168 kg/hab./an de biodéchets (Figure 2.1). Cela inclut à la fois les biodéchets collectés séparément et les biodéchets collectés en mélange avec les OMR, mais ne prend pas en compte la part de compostage de proximité.

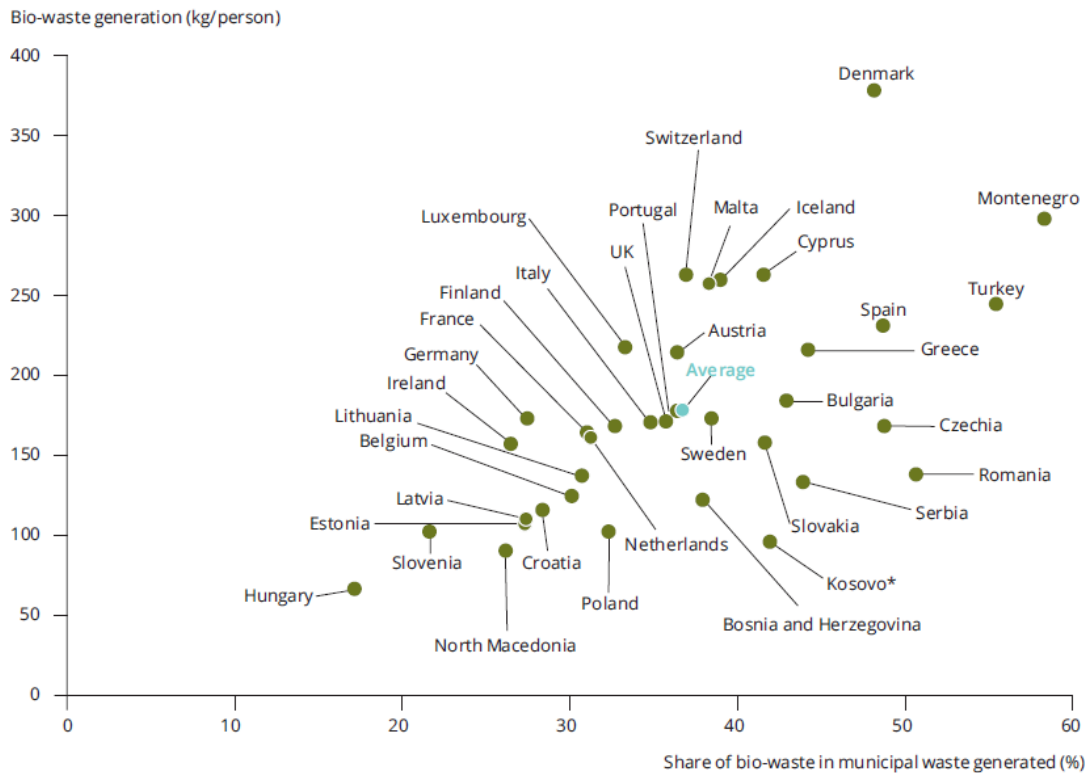


**Source:** ETC/WMGE compilation based on data provided by the European Environment Information and Observation Network (Eionet) through an EEA and European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy (ETC/WMGE) survey (ETC/WMGE, 2019a), complemented with data from the European Reference Model on Municipal Waste (ETC/WMGE, 2019b) and Eurostat (2019).

**Figure 3. Biodéchets au sein des déchets ménagers (UE-28, 2017 ; d'après EEA, 2020).**

Les déchets alimentaires représentent 60 % du total des biodéchets municipaux dans l'UE-28 et les déchets de jardin 35 %, tandis que les 5 % de biodéchets municipaux restants sont classés comme « autres ». En moyenne, en 2017, 43 % des biodéchets municipaux ont été collectés séparément, tandis que 57 % des biodéchets se sont retrouvés en mélange dans les déchets municipaux.

Il existe de grandes différences dans la composition et la production des biodéchets des différents pays de l'UE-28 (cf. Figure ci-après), avec plusieurs facteurs d'influence. Ces données indiquent un ratio de l'ordre de 150 kg/hab./an de biodéchets produits en France (hors gestion de proximité), représentant environ 32 % des déchets ménagers produits. A noter toutefois qu'il s'agit de données estimatives, avec un manque d'harmonisation des données entre les différents pays.



**Notes:** \*Kosovo under UN Security Council Resolution 1244/99. UK, United Kingdom. Excluding Albania, Liechtenstein and Norway due to lack of data. Bio-waste that is composted at home is not included in the data. The average is the weighted average of the 36 countries included in this figure.

**Source:** ETC/WMGE elaboration based on data provided by Eionet through an EEA-ETC/WMGE survey (ETC/WMGE, 2019a), Eurostat (2020) and the European Reference Model on Municipal Waste (ETC/WMGE, 2019b) for Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czechia, Estonia, Germany, Greece, Italy, Lithuania, Luxembourg, Malta, Poland, Spain and the United Kingdom.

**Figure 4. Estimation de la production de biodéchets (en kg/hab./an) par pays européen et part dans la production de déchets ménagers.**

En France, l'ADEME (ADEME, 2020a) estime le gisement de biodéchets ménagers produit en 2015 à environ 18 millions de tonnes par an (soit 271 kg/hab./an) dont :

- environ 30 % (ou 5,1 Mt<sup>1</sup> soit 77 kg/hab.an) gérés à domicile (paillage, compostage<sup>2</sup>...), essentiellement des déchets verts ;
- 3,8 Mt de déchets verts collectés en déchèteries<sup>3</sup> ;
- 1,16 Mt collectés en porte à porte<sup>3</sup> et en points de regroupement (hors déchèteries) (avec 80 % du tonnage en déchets verts seuls ; plus de 500 collectivités concernées). Les collectes de déchets alimentaires restent marginales (seule 7 % de la population aurait accès à une collecte séparée).

Le reste des biodéchets représente donc encore 40 % des ordures ménagères soit plus de 8 Mt<sup>4</sup>, essentiellement de déchets alimentaires. Cette estimation était basée sur la campagne de caractérisation 2007 mais les résultats du MODECOM national de 2017 (ADEME, 2020b), récemment parus, confirment ces ordres de grandeur et complètent les données :

- Le gaspillage alimentaire représente 9 % des OMA soit 30 kg/hab. /an en 2017 ;
- La collecte séparée des biodéchets en porte à porte concerne 4 millions d'habitants (soit toujours environ 7 % de la population) et représente une quantité de 74 000 tonnes, soit un ratio de collecte de 8,6 kg/hab. ;
- Les biodéchets stricts (tous déchets alimentaires, gaspillage alimentaire inclus et déchets verts) au sein des OMA représentent 31 % des OMR en 2017, soit un ratio de 79 kg/hab./an et un gisement de 5 110 tonnes par an. A ces déchets, peuvent s'ajouter certains textiles sanitaires – papiers souillés (essuie-tout, serviettes en papier...) qui peuvent faire partie des consignes de tri à la source : ces derniers représentent 6,7 % des OMA soit près de 1 100 tonnes/an.

## 2. Contexte réglementaire

### 2.1. Directives cadres européennes sur les déchets

La **directive sur les déchets du 19 novembre 2008** institue un cadre légal pour le traitement des déchets dans l'Union européenne. Ce cadre vise à protéger l'environnement et la santé humaine en soulignant l'importance de l'utilisation de techniques appropriées pour la gestion, la valorisation et le recyclage des déchets permettant de réduire la pression sur les ressources et d'améliorer leur utilisation. Cette directive introduit différents principes, et notamment :

- Elle définit une hiérarchie des déchets, la prévention étant prioritaire par rapport à toute opération de valorisation ou d'élimination.
- Elle confirme le « principe du pollueur-payeur », selon lequel le producteur de déchets initial doit supporter les coûts de la gestion des déchets.
- Elle introduit le concept de « responsabilité élargie du producteur ».
- Elle fixe les objectifs de recyclage et de valorisation à atteindre d'ici à 2020 pour les déchets ménagers (50 %) et les déchets de construction et de démolition (70 %).

La **directive (UE) 2018/851** modifie la directive cadre déchets 2008/98/CE dans le cadre du **paquet Economie Circulaire**. Elle fixe des exigences opérationnelles minimales applicables aux régimes de responsabilité élargie des producteurs. Cela peut également englober la responsabilité organisationnelle et la responsabilité de contribuer à la prévention des déchets et à la réutilisation et recyclabilité des produits.

Elle renforce les règles relatives à la prévention des déchets. En particulier, concernant les biodéchets, le gaspillage alimentaire doit être réduit de 50 % d'ici à 2030.

Elle fixe également de nouveaux objectifs de recyclage pour les déchets municipaux : d'ici à 2025, au moins 55 % en poids des déchets municipaux doivent être recyclés. Cet objectif passera à 60 % d'ici à 2030 et à 65 % d'ici à 2035.

Enfin, elle stipule que les pays de l'UE doivent que « **Les États membres veillent à ce qu'au plus tard le 31 décembre 2023 [...], les biodéchets soient soit triés et recyclés à la source, soit collectés séparément et non mélangés avec d'autres types de déchets** ».

### 2.2. Réglementation sanitaire

La gestion des sous-produits animaux et des produits dérivés est encadrée par la **réglementation sanitaire européenne**, au travers des textes suivants :

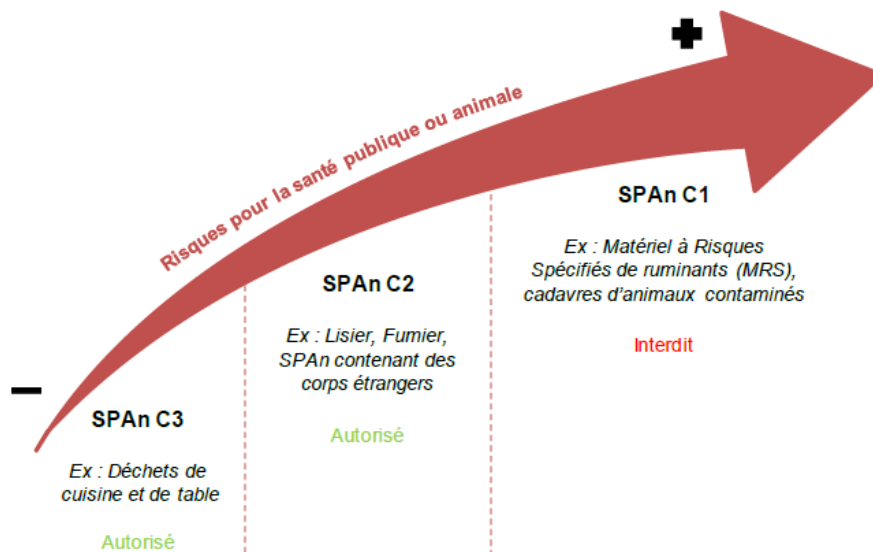
- Règlement (CE) n°1069/2009
- Règlement d'application (UE) n°142/2011

Les sous-produits animaux doivent être collectés, transportés et traités dans les conditions prévues par ces règlements. Les principales dispositions applicables à la gestion des déchets de cuisine et de table (sous-produits animaux de catégorie 3) sont détaillées dans cette partie.

#### 2.2.1. Définition des sous-produits animaux (SPAN)

Les **sous-produits animaux (SPAN)** sont les matières animales ou d'origine animale qui ne sont pas ou plus destinées à l'alimentation humaine. Ils sont classés selon le risque qu'ils présentent pour la santé humaine et animale (de C1, catégorie la plus à risque, à C3, catégorie la moins à risque).

Les **déchets de cuisine et de table (DCT)** sont définis (annexe 1 du règlement n°142/2011) comme « tous les déchets d'aliments y compris les huiles de cuisson usagées provenant de la restauration et des cuisines, y compris les cuisines centrales et les cuisines des ménages ». Ainsi, les déchets alimentaires produits par les ménages et les restaurants sont des DCT. Ces déchets sont considérés comme des sous-produits animaux de catégorie 3 (SPAN C3), même s'ils ne contiennent pas directement des SPAN (viande, œuf, lait, miel...) : en effet, il n'est pas possible d'exclure le fait qu'ils aient été en contact, lors de leur stockage ou au moment de la préparation, avec ce type de produits et peuvent donc présenter un risque pour la santé publique et la santé animale.



**Figure 5. Classification des SPAn en fonction de leur niveau de risque et autorisation dans les filières de compostage et méthanisation (source : ADEME, 2018).**

Lorsque plusieurs catégories de SPAn sont collectées en mélange, la catégorie la plus à risque s'applique à l'ensemble du flux : par exemple si des SPAn C3 sont mélangés à des SPAn C2, le mélange est à traiter comme un SPAn C2.

La classification des SPAn est de la responsabilité du producteur/détenteur de déchets. A chaque catégorie de SPAn sont associées des conditions de traitement ou élimination spécifiques, présentées de manière synthétique dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1. Définitions des catégories de SPAn et des possibilités de traitement.**

Catégories	Principaux déchets concernés	Filières de traitement/élimination
<b>SPAn C1</b>	Cadavres d'animaux Déchets de cuisine et de tables provenant de moyens de transport internationaux (gare, aéroport, frêt maritime) Matériels à risque spécifique (colonne vertébrale, ganglions rachidiens ; cervelle, yeux, amygdales, intestin...)	Incinération ou mise en décharge (stérilisation sous pression préalable) Retour au sol interdit
<b>SPAn C2</b>	Présentant un risque microbiologique (lisiers, fumiers...) Matières stercoraires SPAn autre que 1 et 3	Incinération ou mise en décharge Compostage ou méthanisation possible après stérilisation sous pression préalable (133°C, 20 min à 3 bars, granulométrie < 50 mm) Lisiers et fumiers peuvent être méthanisés sans stérilisation ou hygiénisation, sous dérogation
<b>SPAn C3</b>	Anciennes denrées alimentaires Déchets de cuisine et de table (restes de repas ou de préparation, y compris huiles alimentaires usagées) Animaux aquatiques sains Oeufs Contenant des morceaux crus de viande, de poisson, de crustacés et des fruits de mer	Traitement 70°C, 60 min – granulométrie < à 12 mm pour être composté ou méthanisé Utilisation possible en alimentation animale, dans des cas très précis.

L'utilisation de DCT en alimentation animale n'est pas possible, sauf cas très particuliers (article 18 du R1069/2009) :

- Animaux de zoos et de cirques
- Animaux sauvages en captivité
- Chenils et refuges
- ...

Une autorisation sanitaire doit être accordée par les autorités locales (DDcsPP - Directions départementales en charge de la protection des populations) et les DCT doivent être cuits avant d'être donnés aux animaux.

### 2.2.2. Modalités de collecte et de transport des SPAn

La réglementation sanitaire européenne fixe les conditions de collecte et de transport des SPAn :

- L'**activité de collecte et de transport des SPAn doit être enregistrée** auprès de la DDcsPP (sauf pour les collectivités assurant ce service en régie)
- Les véhicules de collecte doivent être **étanches et couverts** et disposer d'un **marquage** indiquant la catégorie de SPAn transportés ainsi que la mention « non destiné à l'alimentation humaine » ;
- L'utilisation de conteneurs (benne ou bac) étanches et couverts
- Un **délaï de collecte « sans retard injustifié »** pour éviter la dégradation de la matière organique (moisissures par exemple) pouvant entraîner un déclassement des sous-produits animaux de C3 vers C2 et une modification des modes de traitement / valorisation. Une fréquence de collecte en C1 minimum est recommandée (une fréquence plus élevée peut être pertinente en été et dans les zones à forte densité de population) ;
- Un **lavage/désinfection des véhicules de collecte** de manière à éviter toute contamination croisée et écoulement des jus sur la route (logique de résultat avec un lavage/désinfection à chaque dépotage, a minima des parties en contact avec les biodéchets) ;
- Pas d'obligation de nettoyage et désinfection des contenants (bacs, PAV) : la collectivité doit déterminer les moyens à mettre en place pour s'assurer de la salubrité des contenants.
- L'émission d'un **document d'accompagnement commercial (DAC)** à chaque enlèvement, par le producteur, attestant de la catégorie du SPAn et de sa destination et permettant ainsi leur **traçabilité**

### 2.2.3. Modalités de traitement/valorisation des SPAn

Seules les unités disposant d'un **agrément sanitaire** sont autorisées à recevoir et traiter des SPAn. Les unités d'entreposage (quai de transfert par exemple) sont également soumises à la réglementation sanitaire et doivent disposer des agréments adéquats.

La réglementation sanitaire européenne fixe les conditions de traitement des SPAn. Seules deux filières de valorisation sont autorisées pour les DCT :

- Le compostage dans une unité agréée (rubriques ICPE 2780-2 ou 2780-3)
- La méthanisation dans une installation agréée (rubrique ICPE 2781-2)

A noter que l'utilisation des DCT en compostage de proximité (compostage partagé et en établissement) est autorisée à l'échelle française par la réglementation nationale (arrêté national SPAn du 9 avril 2018). Ces dérogations sont présentées plus loin dans le présent rapport (cf. 3.1.1.1).

La mise en place d'une démarche HACCP (Analyse des dangers et contrôle des points critiques) est un prérequis indispensable pour l'obtention de l'agrément sanitaire. Cette démarche permet notamment de garantir la séparation des flux entrants des flux sortants, afin d'éviter une contamination croisée.

L'hygiénisation des DCT est indispensable lors de la valorisation pour assurer la destruction des pathogènes et garantir l'innocuité des composts et digestats produits. Pour cela, la réglementation sanitaire impose un broyage préalable des intrants pour atteindre une taille maximale de 12 mm, puis une montée en température à 70°C pendant minimum 1h.

En compostage, la montée en température du procédé de compostage est suffisante pour qu'une hygiénisation préalable des intrants ne soit pas nécessaire. Il convient toutefois de vérifier que le procédé permette bien l'atteinte des paramètres d'hygiénisation requis.

La méthanisation est un procédé où la montée en température est assez faible, donc pas suffisamment assainissant pour garantir une hygiénisation des matières traitées. Une hygiénisation préalable est donc obligatoire. Des dérogations sont possibles si le digestat est composté par la suite, permettant ainsi une hygiénisation de la matière.

## **2.3 Valorisation agronomique**

### **2.3.1 Règlementation européenne sur les matières fertilisantes**

La réglementation sur les matières fertilisantes connaît des évolutions récentes. Le règlement UE n° 2019/1009, « établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE », a été publié au Journal Officiel de l'UE en juin 2019.

Ce règlement vise à harmoniser la réglementation européenne sur un large nombre de fertilisants pouvant contenir notamment des biodéchets, compostés ou fermentés les faisant ainsi sortir du statut de déchet. Sa mise en application est progressive et les fertilisants « UE » pourront être mis sur le marché à partir du 16 juillet 2022 (ATEE, 2021)

Il définit 7 catégories fonctionnelles de produits (PFC), dont les engrais, et les amendements du sol, ainsi que 14 catégories de matières constitutives (CMC) dont le compost (CMC 3), le digestat issu de cultures végétales (CMC 4), ainsi que le digestat autre qu'issu de cultures végétales (CMC 5).

Le règlement instaure un certain nombre de normes visant à garantir la sécurité des matières fertilisantes en matière de santé humaine et d'environnement, notamment en ce qui concerne les teneurs ETM (Aladin, 2022).

### **2.3.2 Règlementation spécifique sur le retour au sol en agriculture biologique**

La législation européenne donne un cadre à la valorisation des biodéchets en agriculture biologique. Les principaux textes concernés sont (EC) No 834/2007, qui définit le cadre de la production biologique et du label bio européen. L'article 16 précise notamment les produits et substances utilisées en agriculture biologique ainsi que les critères applicables pour leur autorisation.

L'annexe 1 de la réglementation No 889/2008 précise la nature des fertilisants et des amendements autorisés.

Les déchets ménagers sont acceptés sous certaines conditions :

- Les déchets ménagers doivent être d'origine exclusivement végétale et animale
- Ils doivent avoir fait l'objet d'un tri à la source
- Un système de collecte fermé et contrôlé doit être prévu : la traçabilité et l'isolation du moyen de collecte devront être garanties.
- Un contrôle de la qualité des déchets ménagers doit être effectué.
- Ils doivent être l'objet d'un compostage ou d'une fermentation anaérobie (méthanisation) (ATEE, 2019)

La réglementation précise certaines concentrations limites en termes d'ETM, en mg/kg de matière sèche : cadmium 0,7 ; cuivre 70 ; nickel 25 ; plomb 45 ; zinc : 200 ; mercure : 0,4, chrome total : 70 (Leifert, 2017).

En outre, le digestat ou le compost peut aussi contenir des sous-produits animaux non listés dans l'annexe : les sous-produits animaux de catégorie 3 et le contenu du tube digestif relevant de la catégorie 2 (catégories 2net 3 telles que définies par le règlement (CE) n°1069/2009) qui ne doivent pas provenir d'élevages industriels. La notion d'élevage industriel n'est pas clairement explicitée, et son application varie d'un pays européen à l'autre (ATEE, 2019).

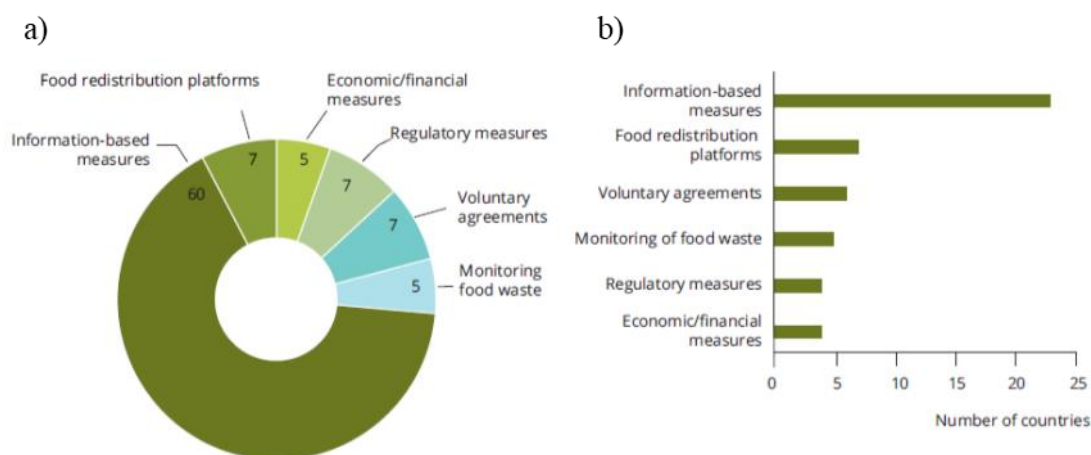
### 3. La gestion des biodéchets en Europe

#### 3.1. Généralités sur la gestion des biodéchets en Europe

##### 3.1.1. Gaspillage alimentaire

D'après l'Agence Européenne pour l'Environnement (EEA), environ 60 % des biodéchets sont des déchets alimentaires, dont une part importante est évitable. Dans la majorité des pays européens, le gaspillage alimentaire fait partie intégrante de la politique de prévention des déchets. L'analyse de 32 programmes nationaux et régionaux de prévention des déchets montre que des mesures sur le gaspillage alimentaire sont déjà incluses dans les programmes de prévention de 28 pays et régions. Il s'agit principalement de campagnes de sensibilisation et d'information visant le consommateur. L'élaboration de lignes directrices pour les entreprises et institutions publiques sont toutefois assez courantes. Des accords volontaires pour les entreprises, parfois en collaboration avec des ONG font également partie des programmes de prévention des déchets dans certains pays.

A noter que les programmes de prévention des déchets ont été rédigés au début des années 2010 dans de nombreux pays européens et ont été mis à jour depuis. Sur 32 pays ayant répondu à une enquête de l'EEA en 2019 (EEA, 2020), 24 pays ont déclaré avoir instauré de nouvelles mesures sur le gaspillage alimentaire depuis l'élaboration de leur programme de prévention. 91 mesures de prévention des déchets ont alors été évoquées (voir figure ci-dessous). Outre des mesures complémentaires de sensibilisation (60 mesures, mentionnées par 23 pays), il y a également de la mise en place de plateformes de redistribution des aliments, des mesures économiques /financières, des mesures réglementaires et de la surveillance du gaspillage alimentaire (European Environment Agency, 2020).

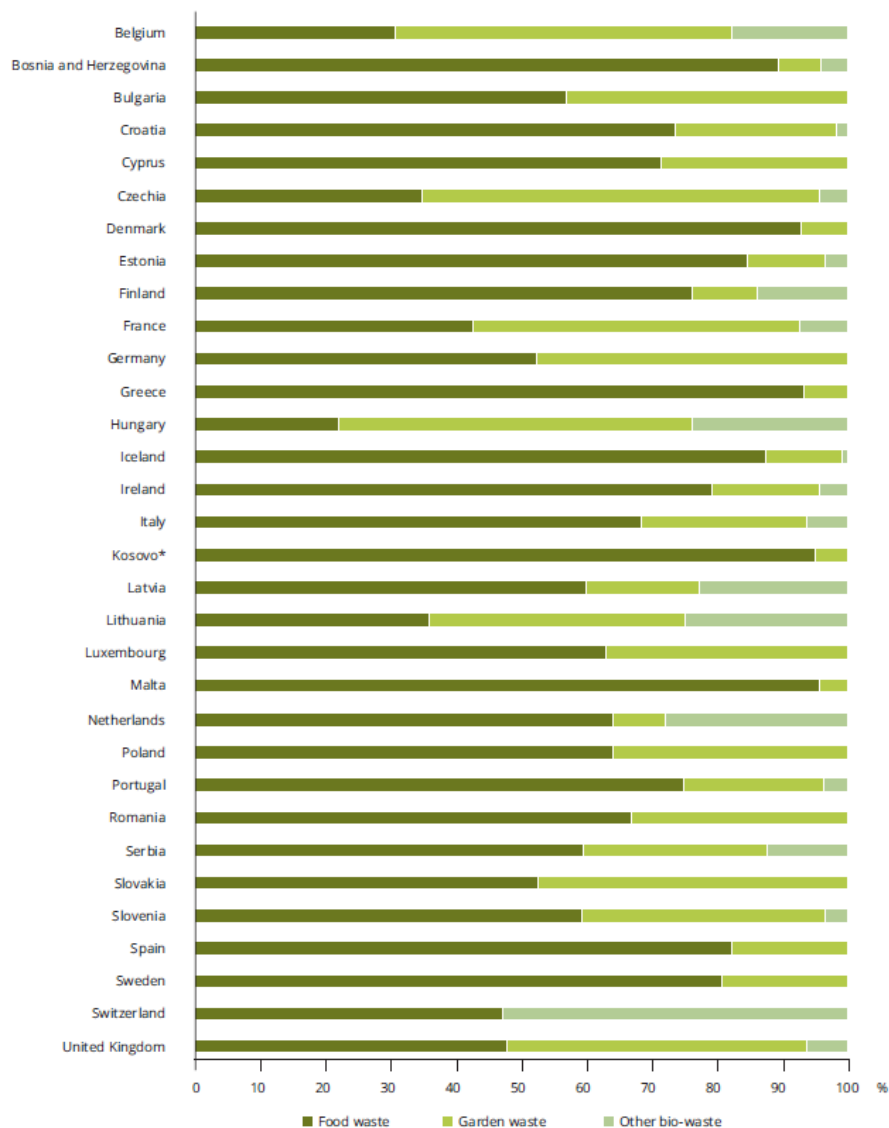


**Figure 6. Nombre de mesures de prévention du gaspillage alimentaire non incluses dans les programmes de prévention (a) et nombre de pays évoquant de nouvelles mesures pour 32 pays membres de l'EEA en 2019 (European Environment Agency, 2020).**

##### 3.1.2. Composition des biodéchets

La composition des biodéchets des pays européens peut être très différente d'un pays à l'autre. Les raisons de ces différences sont dues à plusieurs facteurs d'influence, mais la principale raison se rapporte aux consignes de tri qui diffèrent d'un pays à un autre et d'une ville à l'autre et notamment à l'impact de la présence de déchets verts ou non. Des facteurs externes peuvent également avoir un impact. Il s'agit par exemple de la saisonnalité, du climat, du niveau d'urbanisation, de la zone géographique, des traditions locales et des aspects économiques, sociaux et politiques (European Environment Agency, 2020).

La composition moyenne des biodéchets des 32 pays membres de l'EEA est présentée ci-dessous.

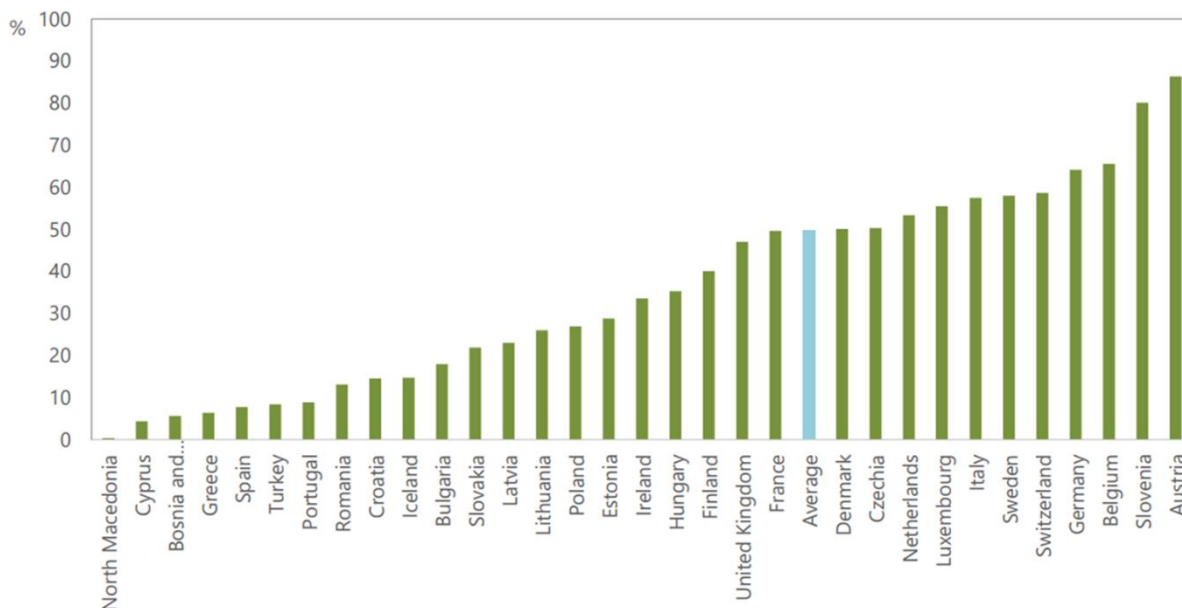


**Figure 7. Composition moyenne des biodéchets des 32 pays membres de l'EEA en 2017 (European Environment Agency, 2020).**

Les différences observées proviennent également de la manière dont sont collectées les données. Les données de certains pays qui collectent les déchets alimentaires et déchets verts en mélange sont classées comme « autres biodéchets ». La façon dont sont déclarés les déchets des parcs et jardins affecte également les données recueillies. De plus, les données issues du compostage de proximité ne sont pas incluses dans le graphique (European Environment Agency, 2020).

### 3.1.3. Collecte séparée des biodéchets

Le taux de collecte est très variable entre les 32 pays de l'EEA (voir figure ci-dessous). Il est de 80 % ou plus en Autriche et Slovénie et est de moins de 10 % dans d'autres pays tels que le Portugal et l'Espagne. D'après l'étude rapportée par l'EEA, environ 50 % des biodéchets municipaux sont collectés séparément dans l'ensemble des 32 pays de l'EEA. Les 50 % restant sont collectés avec les OMR.



**Figure 8. Taux de captage des biodéchets par pays, dans les 32 pays membres de l'EEA en 2017 (ECN, 2020).**

L'EEA considère que la collecte en porte-à-porte semble encourager les usagers à mieux séparer les biodéchets à la source que les points d'apport volontaire (European Environment Agency, 2020). Cette affirmation se base sur une étude réalisée par BiPRO et CRI en 2015, indiquant un ratio de collecte moyen de 20 kg/hab.an dans les 16 villes où la collecte séparée des biodéchets est effectuée en porte à porte, contre 19 kg/hab.an en moyenne pour 3 territoires en PAV. La différence est toutefois assez faible et les valeurs moyennes obtenues à partir de données relativement hétérogènes : fourchette allant de 1 à 73 kg/hab. pour la collecte en PAP (La fourchette des données commence à 1kg/hab. car de nombreuses villes avaient mis en place un système de collecte récemment ou parce que leur service était instauré sur une petite zone urbaine) et fourchette allant de 0 à 33 kg/hab. pour les territoires en PAV (BiPRO et CRI, 2015).

### 3.1.4. Capacité de traitement

La capacité de traitement est difficile à évaluer en Europe compte tenu du nombre limité de pays ayant transmis cette information pour leur territoire.

Le réseau européen de compostage ECN a réalisé une enquête en 2019 sur la gestion des biodéchets en Europe. Cette enquête regroupe les données de 18 pays européens. Selon elle, 47,5 millions de tonnes de biodéchets ont été traitées en 2016-2017 dont :

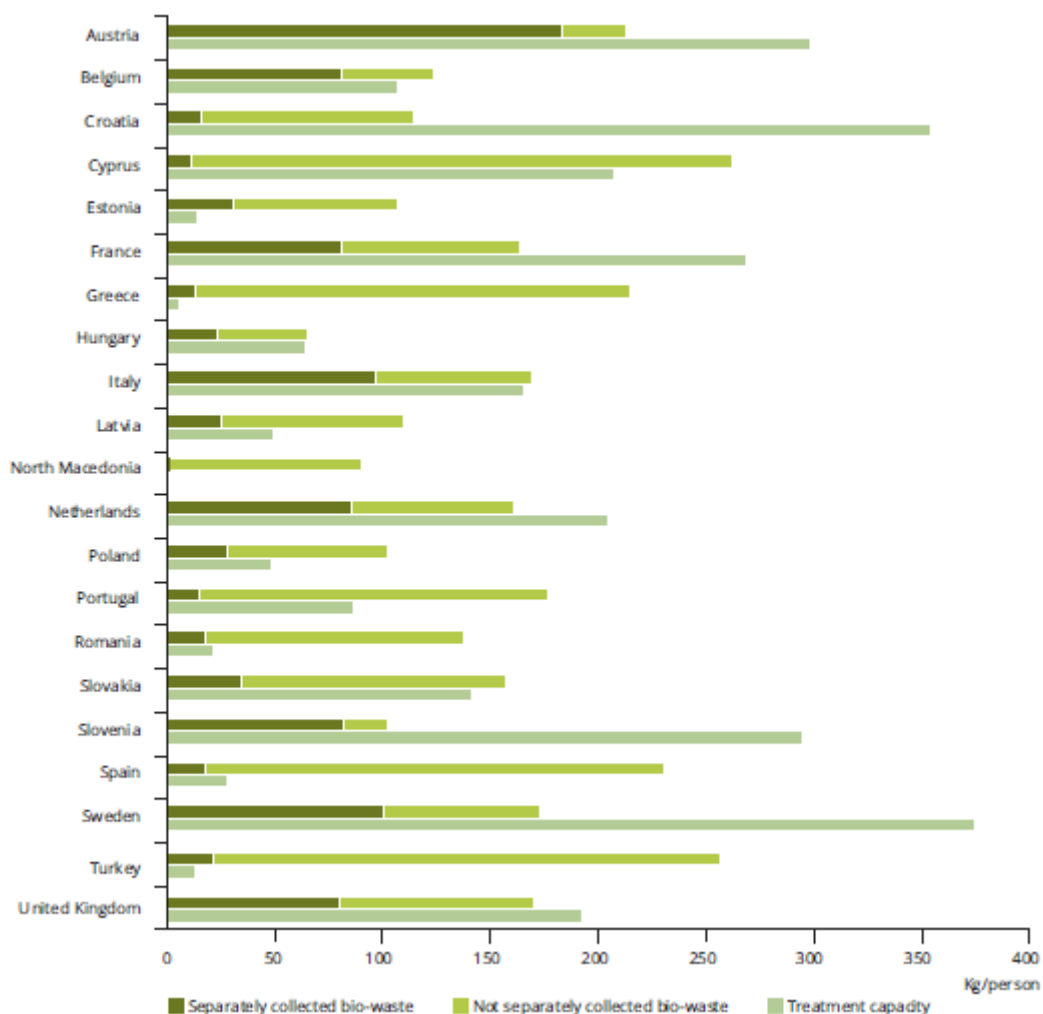
- 30,5 millions de tonnes valorisées en compostage,
- 12,4 millions de tonnes en méthanisation,
- 4,6 millions de tonnes dans des usines de méthanisation combinées avec le compostage.

A partir des informations fournies par 20 pays membres de l'EEA (représentant 59 % de la production de biodéchets), la capacité annuelle des infrastructures de traitement était estimée à 38 millions de tonnes de biodéchets dont une capacité de traitement de 21 millions de tonnes pour le compostage et 17 millions de tonnes pour la méthanisation. Cependant, cette capacité de traitement est susceptible d'être sous-évaluée, au vu du nombre de pays n'ayant pas fournis d'information. De plus, ces installations ne sont pas toujours exploitées exclusivement pour le traitement des biodéchets. Il se peut qu'elles traitent aussi d'autres flux tels que les déchets de l'industrie alimentaire, les déchets agricoles et les boues de station d'épuration. La capacité des installations de traitement des biodéchets varie donc très fortement entre les pays européens concernés.

Parmi les 21 pays membres de l'EEA ayant communiqué l'information, la capacité de traitement varie de 0 kg de biodéchets par personne (Macédoine du Nord) à 356 kg par personne (Suède) (voir figure ci-dessous). Ces données sont une nouvelle fois limitées par le fait qu'elles puissent être incomplètes (European Environment Agency, 2020).

L'EEA classe ces pays en trois grands groupes :

- **Capacité de traitement suffisante pour tous les biodéchets générés** : Autriche, Croatie, France, Pays-Bas, Slovénie, Suède et Royaume-Uni. La capacité de traitement de leurs installations est supérieure au volume de biodéchets municipaux produits. Attention toutefois : si la capacité de traitement des biodéchets d'un pays dépasse la quantité de biodéchets municipaux produits, cela n'implique pas que le pays dispose d'une capacité de traitement excédentaire. La Croatie dispose d'une grande capacité de traitement, toutefois leurs installations ne transforment que des sous-produits animaux et ne sont pas toujours situées aux endroits où la production de biodéchets est la plus importante.
- **Capacité de traitement insuffisante pour tous les biodéchets municipaux produits** : Belgique, Chypre, Hongrie, Italie, Lettonie, Pologne, Portugal Roumanie, Slovaquie et Espagne. Ces pays ont la capacité de valoriser la totalité des biodéchets collectés séparément. Lorsque la collecte séparée des biodéchets s'étendra, les infrastructures de traitement devront être agrandies.
- **Capacité de traitement insuffisante pour les biodéchets municipaux collectés** : Estonie, Grèce, Macédoine du Nord et Turquie. Ces pays ne sont pas dans la mesure de valoriser le volume de biodéchets produits, ni de valoriser les biodéchets collectés séparément. Les biodéchets peuvent toutefois être valorisés dans une installation de traitement mécano-biologique ou dans des méthaniseurs traitant majoritairement les déchets agricoles (installations non incluses dans les données). L'extension de la collecte séparée des biodéchets nécessitera la construction de nouvelles installations de traitement.



**Figure 9. Production et capacités de traitement des biodéchets pour 21 pays membres de l'EEA en 2017 (European Environment Agency, 2020).**

Les exigences de la directive européenne 2018/851, combinées aux nouvelles exigences en matière de recyclage des déchets devraient faire augmenter la capacité des installations de traitement dans les prochaines années (European Environment Agency, 2020).

Toujours dans ces 21 pays membres de l'EEA, les installations de compostage représentent en moyenne 53 % de la capacité de traitement des biodéchets. La méthanisation représente 47 %. Aucune information n'est disponible sur le volume du compostage individuel et partagé présent.

Il existe des différences significatives entre les pays. L'Estonie, la Grèce, la Hongrie, la Lettonie, la Macédoine du Nord et la Roumanie ne font que de la valorisation de leurs biodéchets municipaux par compostage. La méthanisation est utilisée en Autriche, Belgique, Chypre, France, Lituanie, Italie, Pays-Bas, Slovaquie et Espagne mais le compostage reste la principale voie de valorisation. Les capacités des installations de méthanisation sont supérieures à celle du compostage en Croatie, Pologne, Portugal, Slovénie, Suède Turquie et Royaume-Uni. Il est possible de coupler la méthanisation et le compostage. Toutefois, aucune donnée n'est disponible sur la prédominance de ce type d'installation (European Environment Agency, 2020).

## 3.2. Quelques exemples d'application en Europe

### 3.2.1. France

#### 3.2.1.1. Spécificités du cadre réglementaire français

Les principes de la réglementation européenne ont été transposés en droit français, et intégrés dans différents codes, principalement dans le Code de l'environnement, chapitre prévention et gestion des déchets.

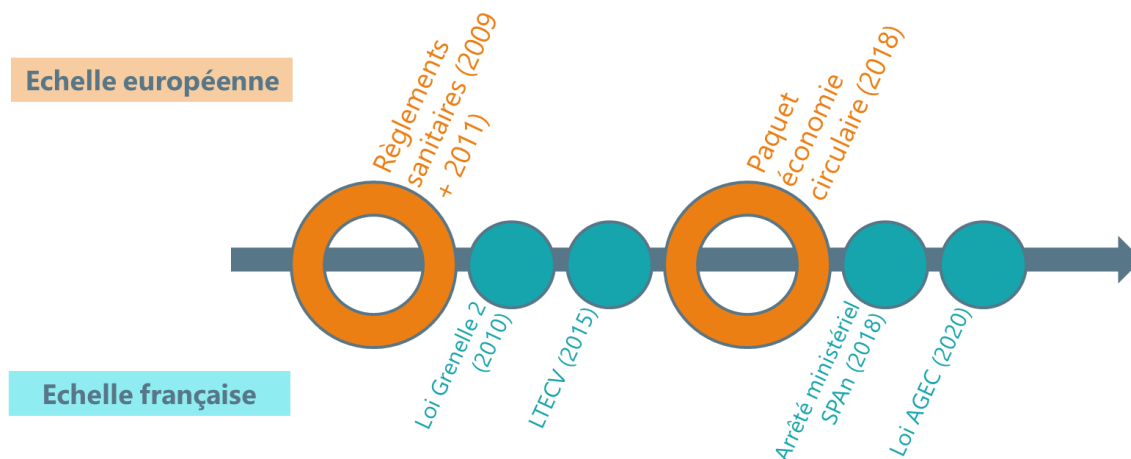


Figure 10. Principaux textes réglementaires européens et français.

En matière de gestion des déchets, et notamment de biodéchets, différentes lois récentes ont introduit des objectifs et des orientations structurantes pour les collectivités en charge du service public de prévention et de gestion des déchets :

- la loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010
- la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) du 17 août 2015
- la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (LAGEC) du 10 février 2020.

Cette dernière loi a notamment permis la transposition des objectifs de la directive cadre européenne dans la loi française. Elle a en particulier fixé les objectifs et orientations suivantes :

- Réduction de 15 % des DMA et de 5 % des déchets d'activités économiques (DAE) entre 2010 et 2030 ;
- Limitation du stockage des DMA à 10 % des quantités produites ;
- Taux de réemploi supérieur à 5% d'ici 2030 ;
- Généralisation du tri à la source des biodéchets au 31 décembre 2023 ;
- Réduction du gaspillage alimentaire de 50 % en 2025 pour les secteurs de la distribution et de la restauration commerciale, et de 50 % en 2030 pour tous les secteurs, par rapport au niveau de 2015.

Les principaux objectifs fixés en matière de gestion des déchets par le cadre européen et français sont présentés dans le tableau ci-après.

**Tableau 2. Synthèse des objectifs de la LTECV, de la LAGEC et du paquet économie circulaire.**

	Objectifs France LTECV (2015) – LAGEC (2020)					Objectifs UE 2018		
	2020	2023	2025	2030	2035	2025	2030	2035
DMA (par rapport à 2010)	- 10 % supprimé			- 15 %				
DAE (par rapport à 2010)				- 5 %				
Taux de valorisation matière (recyclage et valorisation organique)	> 55 %		> 65 %			> 55 %	> 60 %	> 65 %
Taux de réemploi				> 5 %				
Tri à la source des biodéchets (habitants desservis)		100 %						
Gaspillage alimentaire (distribution et restauration commerciale en 2025, tous secteurs en 2030, par rapport au niveau de 2015)			- 50 %	- 50 %		- 30 %	- 50 %	
Stockage					10 % max			10 % max

Ces objectifs concernent en premier lieu les collectivités compétentes pour la gestion des déchets, à savoir les intercommunalités et leurs syndicats. Les solutions de gestion des déchets verts ménagers sont nombreuses et variées et peuvent s'adapter aux spécificités locales.

Ces solutions peuvent être programmées dans l'outil de planification régional des déchets ménagers et assimilés (PRPGD). Elles peuvent également être mises en place au niveau local, via le programme local de prévention des DMA, obligatoires depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2012. Ces programmes peuvent inclure des actions de prévention et de gestion des biodéchets.

Récemment, un décret paru le 30 juin 2021 et son arrêté d'application du 7 juillet 2021, impose aux collectivités de justifier de la mise en place du tri à la source des biodéchets si elles souhaitent créer, étendre ou modifier de façon notable des installations de TMB

Par ailleurs, au-delà de ces aspects réglementaires, **l'augmentation prévue de la TGAP<sup>1</sup>** appliquée au stockage et à l'incinération des déchets **incite les collectivités à limiter leur production de déchets** ainsi traités, principalement les Ordures Ménagères Résiduelles (OMR). Le tri à la source des biodéchets est alors l'une des pistes pour retirer ces déchets du gisement d'OMR et ainsi limiter les coûts de gestion du service public des déchets.

Concernant plus spécifiquement la **gestion des biodéchets**, une évolution progressive du tri à la source par les producteurs a été dessinée depuis la loi Grenelle jusqu'à la dernière loi LAGEC.

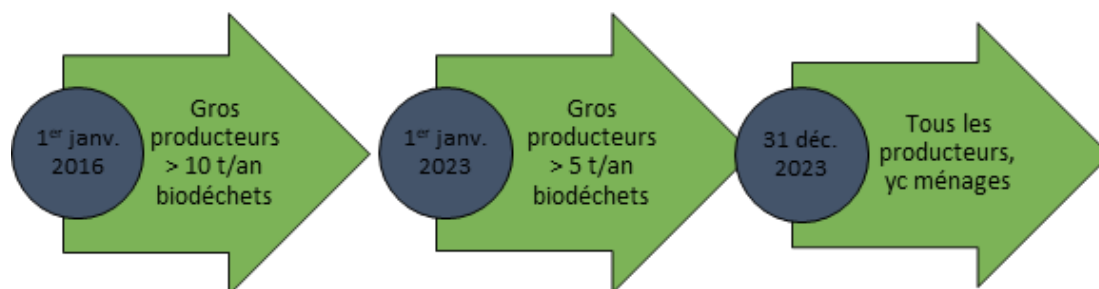
En effet, la loi Grenelle 2 a introduit une nouvelle obligation concernant les gros producteurs de biodéchets : un tri et une valorisation des biodéchets en vue d'un retour au sol est imposé pour tout producteur ou détenteur d'une quantité importante de biodéchets. Le seuil « gros producteurs » a été progressivement abaissé, pour atteindre 10 tonnes par an depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2016. Les producteurs dépassant le seuil de 60 litres/an de déchets d'huiles alimentaires sont également concernés par cette réglementation.

En 2015, la LTECV a introduit un objectif de **généralisation du tri à la source des biodéchets** d'ici 2025, afin que ceux-ci ne soient plus éliminés, mais valorisés et que chaque citoyen ait ainsi à sa

<sup>1</sup> Taxe générale des activités polluantes, dont l'évolution est prévue dans la LOI n° 2018-1317 du 28 décembre 2018 de finances pour 2019.

disposition une solution lui permettant de ne pas jeter ses biodéchets dans les ordures ménagères résiduelles. Le paquet Économie Circulaire, transposé par la loi AGEC, a avancé cette échéance au 31 décembre 2023.

Progressivement, l'ensemble des professionnels gros producteurs de biodéchets sera également concerné par cette réglementation : à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2023, le seuil gros producteurs sera abaissé à 5 tonnes par an. Au 31 décembre 2023, tous les producteurs et détenteurs de biodéchets, quel que soit leur niveau de production, y compris les collectivités locales dans le cadre de leur service public de prévention et de gestion des déchets ainsi que les professionnels et administrations, devront mettre en place un tri à la source des biodéchets.



**Figure 11. Echéances liées à la généralisation du tri à la source des biodéchets.**

La collecte des biodéchets des professionnels n'est pas une obligation incombant à la collectivité. Toutefois, de manière à faciliter l'émergence d'une solution pour ces producteurs (et notamment ceux qui sollicitent la collectivité pour répondre à leurs obligations), la collectivité peut lancer une dynamique en réunissant les obligés et les prestataires de collecte. Par ailleurs, la loi AGEC autorise les collectivités à proposer un service spécifique de collecte et traitement des biodéchets des professionnels, même lorsque ce service n'est pas proposé aux ménages, à condition que les caractéristiques et quantités produites soient similaires à ceux des ménages. Cette dérogation au CGCT, introduite par la loi AGEC, est autorisée jusqu'en 2025.

D'autre part, afin de permettre le développement du tri à la source des biodéchets, un assouplissement concernant les obligations de fréquence de collecte des OMR a été introduit par le décret collecte du 10 mars 2016 : il est désormais possible de déroger à l'obligation de collecte des OMR en C1 minimum, y compris pour les zones agglomérées de plus de 2 000 habitants et/ou les zones à caractère touristique, dès lors qu'un tri à la source des biodéchets est mis en œuvre. Cette disposition s'applique aussi bien pour les solutions de collecte séparée des biodéchets que de compostage de proximité. Dans ce deuxième cas, il est nécessaire de démontrer que cette solution de compostage de proximité permet de détourner une quantité d'OMR équivalente à une collecte séparée de biodéchets. La fréquence de collecte des OMR peut ainsi être diminuée afin d'optimiser le SPPGD.

En matière de traitement des biodéchets, l'arrêté ministériel du 9 avril 2018 a introduit des dérogations nationales à la réglementation sanitaire européenne, permettant d'assouplir certains paramètres tout en garantissant le même niveau de sécurité sanitaire.

Concernant les paramètres d'hygiénisation, d'autres couples temps/température peuvent être autorisés, tels que présentés dans le tableau ci-dessous. Tout autre couple temps/température proposé par un exploitant et jugé équivalent par les autorités peut également être autorisé.

**Tableau 3. Paramètres pour le compostage des sous-produits animaux.**

Réglementation	Température	Durée	Conditions requises
Européenne	70°C	1h	Broyage préalable à 12 mm
Dérogations nationales selon l'arrêté ministériel du 9 avril 2018	65°C	3 jours	
	60°C	7 jours	
	55°C	14 jours	

La réglementation européenne impose l'hygiénisation des intrants, néanmoins une dérogation à cette hygiénisation est rendue possible par la réglementation française pour les lisiers, le lait, les œufs et les anciennes denrées alimentaires d'origines animales ayant subi une transformation au sens de la réglementation sanitaire. L'hygiénisation des DCT reste en revanche obligatoire. Les paramètres à atteindre sont une température de 70°C pendant 1h, avec un broyage préalable à 12 mm, similairement au compostage.

L'arrêté du 9 avril 2018 fixe un cadre juridique à la pratique du compostage partagé et en établissement des déchets de cuisine et de table, en l'autorisant sans nécessité de disposer d'un agrément sanitaire, à condition de respecter certaines dispositions, et notamment :

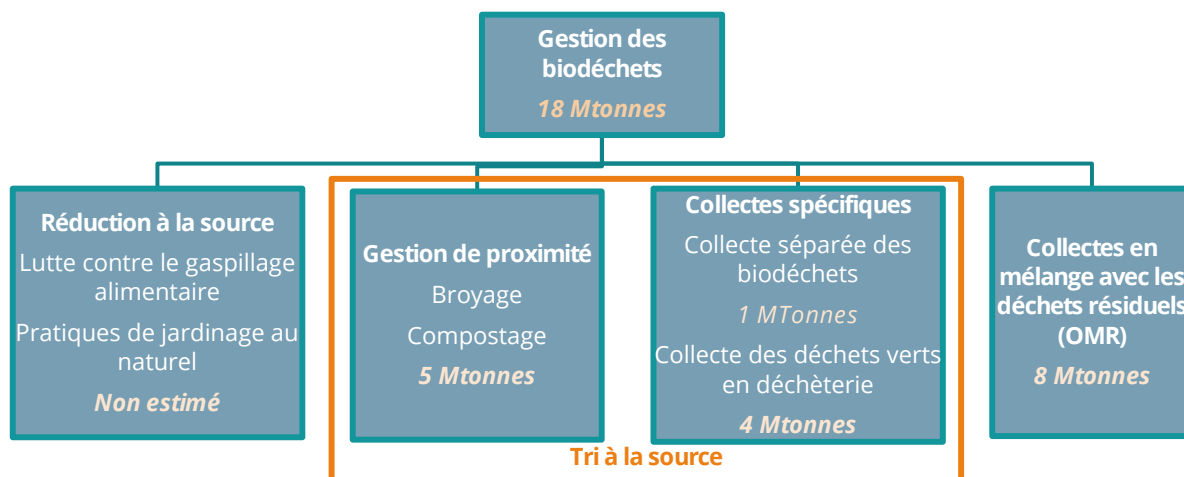
- De ne pas dépasser la limite de 1 tonne par semaine de déchets de cuisine et de table apportés par site (hors structurant) ;
- D'avoir une personne formée aux bonnes pratiques pour le suivi des sites et leur gestion dans les règles de l'art ;
- De suivre la bonne montée en température du tas en cours de compostage ;
- De limiter l'utilisation des « matières compostées » produites (qui restent des SPAn C3) à l'exploitant et aux producteurs de biodéchets (sauf dans le cas où le compost respecte la norme NFU 44-051) et à une échelle locale (intercommunalité et communes limitrophes) ;
- De ne pas utiliser le compost sur des plantes fourragères.

Parmi les SPAn, seuls les déchets de cuisine et de table sont autorisés en compostage de proximité. Les autres déchets alimentaires (par exemple les anciennes denrées alimentaires d'origine animale issues des rebus de distribution) ne peuvent être compostés dans ce type de dispositif.

Enfin, selon l'ordonnance du 29 juillet 2020, les biodéchets triés à la source ne peuvent pas être mélangés avec d'autres déchets. L'arrêté du 15 mars 2022 fixe les exceptions possibles : les déchets et emballages collectés avec des biodéchets doivent être compostables, méthanisables ou biodégradables. Si leur collecte est possible, il n'y a pas d'obligation pour les collectivités d'élargir les consignes de tri à ces emballages et déchets (autres que biodéchets)

### **3.2.1.2. Mise en application**

Selon les chiffres-clés de l'ADEME, le gisement des biodéchets ménagers était estimé en 2015 à environ 18 millions de tonnes dont 5,1 millions de tonnes valorisées à domicile (essentiellement des déchets verts), 3,8 millions de tonnes de déchets verts collectés en déchèterie, 1,16 millions de tonnes de déchets collectés en porte-à-porte et en points de regroupement (dont 58 mille issus de la collecte des déchets alimentaires) et 8 millions de tonnes mélangées dans les OMR (ADEME, 2017).



**Figure 11. Gestion des biodéchets en France en 2015 (RECORD, 2022 ; Tonnages : source ADEME, 2017).**

D'après un sondage réalisé par OpinionWay pour l'ADEME en 2020, 34 % des foyers déclaraient composter leurs biodéchets alimentaires, avec une fréquence très régulière pour la quasi-totalité d'entre eux. Ce compostage est effectué principalement dans des composteurs dans le jardin (74 %). Seulement 9 % des répondant avaient un composteur collectif près de chez eux (ADEME, 2020). Les collectes séparées de biodéchets en PAP ou points de regroupement restent marginales en France : 4 millions d'habitants étaient desservis en 2017 (soit environ 7 % de la population) ce qui représentait 74 000 tonnes de biodéchets (ADEME, 2020a).

Le rapport ADEME de 2017 précise la répartition de ces collectes en 2016 :

- Sur 101 collectivités françaises réalisant la collecte séparée des biodéchets, 24 collectivités collectaient les biodéchets provenant uniquement des professionnels.
- Cette collecte est réalisée sur des territoires de tailles variées en termes de population, avec toutefois plus de 40 % des collectivités qui desservent moins de 10 000 habitants. La région des Hauts-de-France est celle qui regroupe la population desservie par une collecte des biodéchets la plus importante, du fait notamment de la métropole de Lille qui réalise cette collecte sur la moitié de sa population (plus de 500 000 hab.).
- La majorité des collectivités ayant mis en place une collecte séparée a une typologie d'habitat mixte (47 % des collectivités – 42 % de la population desservie) ou urbaine (20 % des collectivités – 24 % de la population desservie).
- A cette même date, la moitié des collectivités ayant instauré une collecte séparée collectait les déchets alimentaires seuls et l'autre moitié collecte les déchets alimentaires et les déchets verts en mélange. La collecte des déchets alimentaires seule est plus récente. Elle est plus développée sur les collectivités présentant une typologie d'habitat rural (34 %) et mixte (48 %).

La collecte des déchets alimentaires et des déchets verts est le plus souvent présente uniquement sur une partie du territoire.

En termes de modes de valorisation, la **méthanisation** est majoritairement présente sur les gros territoires (50 % de la population desservie pour 30 % des collectivités). Les déchets alimentaires collectés seuls sont principalement valorisés dans des installations de **compostage**. Cela est plus équilibré pour les collectes de déchets alimentaires et déchets verts. La typologie plus rurale et la taille inférieure des collectivités réalisant une collecte de déchets alimentaires seuls expliquent ce constat. La méthanisation est un procédé plus complexe et nécessitant des investissements plus importants (ADEME, 2017).

## **3.2.2. Allemagne**

### **3.2.2.1. Spécificités du cadre réglementaire allemand**

La loi sur la gestion des déchets allemande (KrWG) revue en 2012 couvre la prévention, l'utilisation et l'élimination des déchets. Elle oblige les producteurs de déchets et les autorités chargées de la gestion des déchets à collecter séparément les biodéchets depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2015. Cette loi est concrétisée dans l'ordonnance sur les biodéchets (BioAbfV) de 2012 (BGK, 2017). Il n'y a pas de plan national spécifique sur le gaspillage alimentaire. Néanmoins, un programme de prévention des déchets du gouvernement a été réalisé avec les Etats fédéraux en 2013. Il comprend des mesures visant à réduire le gaspillage alimentaire.

Le cadre européen est appliqué avec certaines spécificités : en Allemagne, les DCT des ménages seuls sont exemptés de l'application du règlement SPAn (ADEME, 2021b).

La loi sur les fertilisants (DüV) de 2017, donne le cadre des bonnes pratiques de fertilisation et présente les exigences particulières pour les engrais organiques. L'application de fertilisants ne doit pas dépasser 170 kg N/ha et une période d'arrêt est exigée en hiver. Le compost et le digestat sont également soumis à l'ordonnance sur les fertilisants (DüMV) de 2012 pour qu'ils soient utilisés comme engrais organique ou comme amendement. Une déclaration sur le type de fertilisant, la matière première, les éléments nutritifs et sur d'autres propriétés est obligatoire. Des valeurs seuils sur les impuretés et les contaminants sont aussi fixées dans l'ordonnance (Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V, 2017). Dès 1989, l'organisation allemande d'assurance de la qualité du compost (BGK) a été créée. Elle est en charge de surveiller et contrôler la qualité du compost, du digestat et des produits issus des boues d'épuration. Elle porte les labels de qualité RAL pour le compost et les boues de digestat et d'épuration. La norme de qualité sur le compost RAL GZ 251 a été créée en 1991. Des normes sur le digestat ont fait leur apparition à partir de 2000. Aujourd'hui, plus de 700 membres participent aux différents systèmes d'assurance de qualité de BGK (Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V, 2017).

### **3.2.2.2. Mise en application**

D'après une étude réalisée par la société GfK SE auprès des ménages allemands, 34 % des biodéchets étaient collectés séparément en 2016-2017, 33 % étaient collectés dans les OMR, 14 % étaient envoyés dans les égouts, 9 % étaient compostés à domicile et 6 % étaient utilisés pour l'alimentation animale (Schmidt et al, 2019). La collecte des biodéchets en Allemagne auprès des ménages a débuté en 1985. 13,85 millions de tonnes de biodéchets étaient envoyés en compostage et en méthanisation en 2017 (BGK, 2017). En 2015, 7,37 millions de tonnes de biodéchets ont été envoyées en compostage. Les 3,96 millions de tonnes de compost produites ont été acheminées à 62,3 % pour l'agriculture et la foresterie, à 20,6 % pour les particuliers et à 17,1 % pour l'aménagement paysager et la gestion/remise en état des terres. La même année, 6,48 millions de tonnes de biodéchets ont été valorisées en méthanisation. Les 4,09 millions de tonnes de digestat produites ont été valorisées à 97,1 % pour l'agriculture et la foresterie et à 2,9 % pour l'aménagement paysager et la gestion/remise en état des terres (Federation Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2018).

## **3.2.3. Royaume-Uni**

### **3.2.3.1. Spécificités du cadre réglementaire britannique**

Au Royaume-Uni, ce sont les nations (Angleterre, Irlande du Nord, Ecosse et Pays de Galles) qui sont responsables de la réglementation sur les déchets.

#### **Angleterre**

L'examen gouvernemental de la politique des déchets en Angleterre de 2011 définit plusieurs objectifs sur le gaspillage alimentaire. Le règlement sur les déchets de 2011 oblige toutes les entreprises et organismes publics à appliquer la hiérarchie de gestion des déchets. En 2013, un programme sur la prévention des déchets a été publié. Enfin, le gouvernement britannique a proposé en décembre 2018 une stratégie pour gérer plus efficacement les ressources et minimiser les déchets pour l'Angleterre, avec une approche d'économie circulaire. Il propose l'introduction de la collecte hebdomadaire des déchets alimentaires pour tous les ménages ainsi que la collecte auprès de tous les professionnels. La

taxe de mise en décharge joue aussi un rôle important dans la réduction de l'enfouissement des biodéchets (Gilbert, 2017).

Dans sa stratégie nationale de gestion des déchets (Resources and waste strategy for England) énoncée en 2018, l'Angleterre annonce son intention d'adopter en 2023 une loi obligeant la collecte séparée des déchets alimentaires des ménages. À l'échelle nationale, l'Angleterre vise par ailleurs la valorisation matière de 65 % des déchets municipaux pour 2035 (sans objectif spécifique aux biodéchets).

### **Irlande du Nord**

La stratégie de gestion des déchets d'Irlande du Nord a été publiée en 2013, contenant plusieurs propositions politiques et réglementaires. En 2015, la réglementation sur les déchets alimentaires est entrée en vigueur. Elle impose notamment la collecte séparée et le traitement des biodéchets. Les districts ont l'obligation de fournir les contenants. Les entreprises produisant plus de 5 kg/semaine de déchets alimentaires ont l'obligation de faire collecter leurs biodéchets. La mise en décharge est également interdite dans le Pays depuis le 1<sup>er</sup> avril 2015 (Gilbert, 2017).

### **Ecosse**

L'Ecosse a présenté son plan zéro déchet en 2010. Il fixait un objectif de recyclage de 70 % d'ici 2025. Concernant les biodéchets, le gouvernement écossais vise un objectif de réduction du gaspillage alimentaire de 33 % entre 2013 et 2025. Le règlement écossais sur les déchets de 2012 a imposé la collecte des déchets alimentaires dans les zones non rurales à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2016. Depuis cette date, toutes les entreprises produisant plus de 5 kg/semaine de déchets alimentaires doivent obligatoirement faire collecter leurs biodéchets. Ces biodéchets collectés ne peuvent pas être envoyés en décharge ni en incinération. La mise en décharge des biodéchets municipaux est d'ailleurs interdite depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2021 (Gilbert, 2017).

### **Pays de Galles**

Similairement, le Pays de Galles a élaboré une stratégie zéro déchet en 2010, dont un des objectifs est de recycler au moins 70 % des déchets d'ici 2025. La méthanisation des biodéchets collectés séparément est favorisée. Le règlement sur les déchets de 2011 est similaire à celui de l'Angleterre. Il oblige toutes les entreprises et organismes publics à appliquer la hiérarchie de gestion des déchets (Gilbert, 2017).

Le Royaume-Uni lutte contre le gaspillage alimentaire depuis 2007. Une série d'accords volontaires avait permis de faire diminuer le gaspillage alimentaire de 14 %. Le Courtauld Commitment 2025 est le dernier accord. Il vise à réduire le gaspillage alimentaire de 20 % entre 2015 et 2025. Les Britanniques souhaitent atteindre l'objectif de développement durable 12.3 des Nations Unies (HM Government, 2018).

Au Royaume-Uni, un permis environnemental ou une licence est nécessaire pour toutes les opérations de stockage, traitement et élimination des déchets. Cependant, chaque nation a sa propre réglementation. En Angleterre et au Pays de Galles, un système d'autorisation environnementale est en vigueur. Les installations complexes doivent avoir un permis sur mesure alors que les installations plus simples n'ont besoin que d'un permis standard. Un système de licence est en place pour la collecte des déchets en Ecosse et en Irlande du Nord (Gilbert, 2017).

Compost PAS 100 et Digestat PAS 110 sont deux appellations indiquant la haute qualité du compost et du digestat. Ces appellations ne constituent toutefois pas une norme. Bien que le compost et le digestat reçoivent ces appellations, les autorités les considèrent toujours comme des déchets. L'Angleterre, l'Irlande du Nord et le Pays de Galles ont construit ensemble des critères de sortie du statut de déchets appelés « Quality Protocol » afin que les produits ne soient plus considérés comme déchets et puisse être commercialisés comme produits. Cette démarche n'est pas encore reconnue en Ecosse (Gilbert, 2017).

### **3.2.3.2. Mise en application**

Parmi les déchets collectés, 48 % sont des déchets alimentaires, 45 % sont des déchets verts et 7 % correspondent à d'autres types de biodéchets.

Environ 51 % des biodéchets sont valorisés dans des installations de méthanisation et 49 % dans des unités de compostage (European Environment Agency, 2020). En 2016-2017, la collecte séparée des biodéchets était instaurée dans l'ensemble du Pays de Galles et de l'Irlande du Nord, dans 90 % du territoire de l'Ecosse et dans 50 % du territoire de l'Angleterre. Les déchets alimentaires étaient collectés séparément sur la totalité du Pays de Galles, sur 55 % de l'Ecosse, 33 % de l'Angleterre et 10 % de l'Irlande du Nord. La collecte des déchets alimentaires était principalement réalisée en mélange avec les déchets verts en Irlande du Nord (55 %) (Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2018).

### 3.2.4. Suède

#### 3.2.4.1. Spécificités du cadre réglementaire suédois

Depuis 2005, il est interdit d'envoyer des déchets organiques en décharge en Suède. Une taxe sur l'incinération des déchets a été instaurée en 2006 afin de favoriser, entre autres, la valorisation de la matière organique. Elle a finalement été abrogée en 2010 car elle n'avait aucun effet sur le taux de valorisation. Avant 2017, la Suède n'a pas de stratégie spécifique ni de plan national d'actions de réduction du gaspillage alimentaire. En revanche, la réduction du gaspillage alimentaire était prise en compte dans le plan de gestion des déchets, dans le programme de prévention des déchets et dans le programme environnemental (Elander et al., 2016). En 2017, l'agence de l'alimentation, l'agence de protection de l'environnement et le Conseil de l'agriculture ont élaboré le plan d'actions « More to do more ».

Avfall Sverige est une organisation professionnelle regroupant communes, associations communales et entreprises de gestion des déchets. Ces membres ont rédigé un guide pour aider les municipalités et les entreprises à mettre en place le tri et la collecte des déchets alimentaires et les sensibiliser à l'importance de la qualité du tri par rapport à la qualité des produits finaux de traitement que sont le digestat et le compost.

La mise en place obligatoire de la collecte séparée des biodéchets est en cours de discussion mais pas encore appliquée (Avfall Sverige, 2017).

L'accent est mis sur la méthanisation des biodéchets. Cela peut s'expliquer par le fait qu'un des objectifs politiques assumés à l'échelle nationale est de n'avoir aucun combustible fossile utilisé dans les transports publics d'ici 2030. De plus, le digestat issu de la méthanisation jouera un rôle très important dans la stratégie alimentaire suédoise car c'est un des rares engrais approuvés en agriculture biologique (Avfall Sverige, 2017).

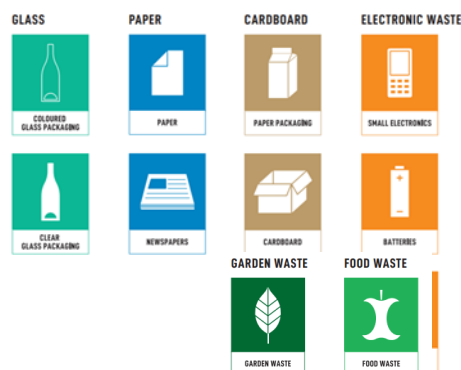
L'utilisation du compost et du digestat n'est pas réglementée spécifiquement. Cependant, la réglementation sur le fumier et les boues d'épuration est généralement utilisée, notamment pour les concentrations en nutriments et métaux. Des certifications pour le digestat (SPCR 120) et pour le compost (SPCR 152) existent depuis 1999 et sont gérées par Avfall Sverige (Avfall Sverige, 2017).

Selon l'Ordonnance sur les déchets adoptée en 2020, les villes devront mettre en place d'ici le 1<sup>er</sup> janvier 2024 un système de collecte des déchets alimentaires triés à la source pour les ménages ainsi qu'un dispositif de transport des déchets alimentaires séparément des autres déchets.

#### 3.2.4.2. Mise en application

La collecte séparée des biodéchets est réalisée dans 238 des 290 villes suédoises. Elle est effectuée pour 68 % des villes, par des entreprises. Seules les grandes villes collectent elles-mêmes leurs déchets.

En 2017, Dansk Affaldsforening (l'association danoise des déchets) a lancé un système national de pictogrammes (terminologie, symboles et couleurs) pour faciliter le tri et renforcer le recyclage des déchets qui est en passe de devenir commun à l'ensemble des pays nordiques (Suède, Danemark, Norvège, Finlande et Islande). Il a été adopté en Suède en 2020. Jusqu'à récemment, la communication sur le tri et le traitement des déchets différait d'un pays à l'autre, et souvent d'une commune à l'autre. Le système a été développé grâce à la collaboration entre les municipalités et les entreprises de déchets, l'industrie du recyclage, les



producteurs et les détaillants d'emballage ainsi que les citoyens des pays nordiques.

Le système se compose de pictogrammes différents qui peuvent être utilisés aussi bien pour les déchets collectés chez les ménages et dans les entreprises (par exemple le verre, le métal ou le plastique) que pour les déchets collectés dans les centres de recyclage. Le système vise à ce que les citoyens retrouvent les mêmes symboles de tri des déchets où qu'ils soient : au travail, à la maison, dans les lieux publics, au supermarché...

Les déchets alimentaires collectés sont traités par voie biologique avec l'objectif principal de boucler le cycle de la matière et ramener les nutriments au sol. En 2020, 4 839 430 tonnes de déchets municipaux ont été traités au niveau national, soit 466 kg par habitant, dont 776 280 tonnes (75 kg par habitant) de déchets alimentaires et de jardin collectés et traités par compostage ou méthanisation. Cette part a progressé de 11% par rapport à 2019 en raison de l'augmentation du nombre de municipalités qui collectent séparément les déchets alimentaires et les déchets de jardin

Sur les 685 980 tonnes de biodéchets ménagers valorisés en 2019, 48,5 % sont des déchets alimentaires valorisés en méthanisation (co-digestion), 6,8 % sont des déchets alimentaires valorisés dans des stations d'épuration (co-digestion des boues de station d'épuration avec les biodéchets de restauration et le lisier de bovin), 4,8 % sont des déchets alimentaires compostés à domicile et 1,4 % sont des déchets verts valorisés en compostage (Avfall Sverige, 2019).

En 2019, 1 710 100 tonnes de déchets ont été envoyées en méthanisation. Cela a permis de produire 1 678 740 tonnes de fertilisant et 1 013 120 MWh d'énergie (dont 87,5 % de carburant) (Avfall Sverige, 2019). Le marché du biogaz issu de la méthanisation est en croissance, malgré un ralentissement dû à l'incidence de la concurrence avec le biodiesel et la mobilité électrique. Le fertilisant est populaire auprès des agriculteurs et de l'industrie de l'agriculture biologique. En revanche, les installations ne gagnent pas d'argent grâce à sa vente (Avfall Sverige, 2017).

La plupart des installations de traitement qui produisent du compost ou du digestat peuvent labelliser leurs produits grâce à un système de certification, SPCR 120, développé par Avfall Sverige en concertation avec les industries agricoles et alimentaires, les producteurs de compost et de digestat, les pouvoirs publics et les chercheurs. Cette certification qui couvre toute la chaîne, de la matière première au produit fini, existe depuis 1999. Il permet un accès gratuit à la qualité du produit, l'objectif étant d'augmenter la confiance du client envers le produit et d'améliorer les opportunités de vente.

Un produit certifié doit forcément être composé de matières organiques telles que des déchets alimentaires triés à la source, du fumier, des cultures et des résidus de culture. Le mélange avec des déchets de STEP n'est pas autorisé. En outre, le produit doit être hygiénisé, et doit répondre aux exigences de teneur en métal.

### **3.2.5. Italie**

#### **3.2.5.1. Spécificités du cadre réglementaire italien**

La transposition de la directive européenne sur la mise en décharge 1993/31/CE limite l'enfouissement de la matière organique à moins de 85 kg/hab./an en 2018. Un premier objectif national relatif à la collecte séparée (tous flux confondus) a été fixé en 1997. Il visait 35 % de collecte séparée d'ici 2023. L'Italie a renforcé en 2006 ces objectifs en fixant comme objectif de collecter séparément 40 % des déchets dans chaque commune en 2007 et 65 % en 2012. La collecte séparée des biodéchets n'est donc pas explicitement obligatoire mais elle est nécessaire pour atteindre les objectifs fixés. La majorité des villes a donc adopté un programme spécifique pour la mise en place de cette collecte dans le but de respecter la réglementation. La plupart des programmes régionaux ont en outre imposé la collecte séparée, majoritairement au travers d'une collecte en porte-à-porte. Les principales indications faites par les régions et provinces sont les suivantes : collecter les déchets alimentaires séparément des déchets verts, collecter les biodéchets en porte-à-porte lorsque cela est possible techniquement et économiquement et collecter les biodéchets en utilisant uniquement des sacs compostables, en papier ou en plastique compostable, certifiés selon la norme EN13432.

En 2016, l'Italie a adopté une loi visant à réduire le gaspillage alimentaire à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement alimentaire. Le don et la distribution de déchets alimentaires sont fortement incités, par l'instauration d'une réduction d'impôt (Condamine, 2020).

La loi italienne (D.Lgs 75/2010 et ses amendements) reconnaît le compost comme un amendement pour le sol selon trois catégories (Green Compost, Biowaste Compost et Sludge Compost). Le Green Compost (GWC) est produit à partir de déchets verts uniquement. Le Biowaste Compost (BWC) est produit à partir de biodéchets (déchets alimentaires et déchets verts) et le Sludge Compost (SWC) comprend des boues issues de différentes matières premières. En revanche, le digestat provenant de

la méthanisation est considéré comme un déchet et doit être composté pour obtenir le statut de compost.

En 2003, le label « *CIC Quality Compost Label* » (CQL) a été mis en place. Environ 50 installations de compostage sont labélisées aujourd'hui.

Le ministère du développement économique a également rédigé un décret soutenant la production de biométhane pour être utilisé en carburant pour véhicule. L'association Italian Composting and Biogas Association CIC est en train de créer le label « *Biomethane Fertile* » pour certifier l'origine et la durabilité du biométhane produit (Italian Composting and Biogas Association, 2020).

### **3.2.5.2. Mise en application**

En 2018, 7,1 millions de tonnes de biodéchets ont été collectées séparément puis valorisées en Italie, dont 5,1 millions de tonnes (84 kg/hab.) de déchets alimentaires. Une hausse de 12 % a été constatée par rapport à 2017. Une majorité de villes applique les programmes sur la collecte en porte-à-porte des déchets alimentaires, basée sur la collecte en bioseaux équipés de sacs biodégradables. Cette collecte a initialement été instaurée par les petites villes puis étendue aux villes moyennes et ensuite aux grandes, ce qui a grandement augmenté le nombre de ménages concernés. L'association CIC a mené une étude en 2018 sur la composition des déchets alimentaires. Les 830 analyses effectuées ont montré que la collecte en porte-à-porte permet la collecte de déchets alimentaires de meilleure qualité. Le taux de refus moyen est de 2,4 % pour les petites villes (< 5 000 hab.) et de 5 % pour les grandes villes (Italian Composting and Biogas Association, 2020).

D'après l'association CIC, 281 installations de compostage et 58 installations de méthanisation (avec compostage intégré) étaient présentes sur le territoire en 2018. Les 10 plus grandes installations (>100 000 t/an) traitent 25 % des biodéchets italiens. Les biodéchets collectés séparément sont envoyés à 51 % vers des installations de compostage et 49 % vers des unités de compostage. En 2018, 2 millions de tonnes de compost ont été produites la même année dont 40 % ont été labélisées. Les trois quarts sont utilisés en agriculture et en horticulture tandis que le quart restant est vendu pour le jardinage et l'aménagement paysager. La CIC estime que 9,2 millions de tonnes de biodéchets seront collectées séparément en 2025, ce qui aura une incidence sur la hausse du nombre d'unités de méthanisation (Italian Composting and Biogas Association, 2020).

## **3.2.6. Espagne**

### **3.2.6.1. Spécificités du cadre réglementaire espagnol**

Le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Environnement espagnol est responsable des plans nationaux de gestion des déchets. Celui de 2016-2022 ainsi que la loi cadre de 2011 définissent les grandes lignes directrices de la politique adoptée par le pays (Favoino *et al.*, 2020). La loi espagnole de 2011 sur les déchets et sols pollués transposant la directive européenne 2008/98/CE encourage la séparation à la source des biodéchets en vue de leur valorisation (European Environment Agency, 2013). Le ministère de l'agriculture espagnol a développé une stratégie sur la prévention du gaspillage alimentaire est élaborant le plan 2013-2016 puis le plan 2016-2020. Deux accords volontaires ont également été mis en place (La alimentación no tiene desperdicio, aprovéchala! et Manifiesto "basta de despilfarrar alimentos") (Fusions, s.d).

Cependant, c'est aux communautés autonomes de rédiger leur propre stratégie adaptée pour la gestion de leurs déchets. La plupart des plans régionaux de gestion des déchets réalisés ces dernières années comprennent des dispositions sur la collecte séparée des biodéchets.

La Catalogne est la région la plus performante en termes de collecte séparée des biodéchets (Favoino *et al.*, 2020). En 2004, cette région a introduit des taxes sur la mise en décharge et l'incinération des déchets afin de promouvoir la prévention des déchets et la collecte séparée. Elle a ensuite rédigé le plan régional le plus ambitieux d'Espagne : le Programme PROGEMIC 2007-2012. Ce programme avait pour objectif de valoriser 55 % de la matière organique en 2012, notamment au travers du déploiement de la collecte séparée des biodéchets (European Environment Agency, 2013). Un décret régional de 2009 impose alors cette collecte séparée et est renforcé ensuite par un programme général de prévention et de gestion des déchets et des ressources en Catalogne. Il s'agit du PRECAT 20 qui a eu pour objectif de valoriser 60 % en poids des biodéchets en 2020, avec un refus de tri dans les biodéchets inférieur à 10 % (en poids). La Catalogne a également son propre plan régional de réduction du gaspillage alimentaire.

### 3.2.6.2. Mise en application





La collecte des biodéchets est instaurée dans plusieurs communautés autonomes d'Espagne. Près de 85 % de ces biodéchets sont des déchets alimentaires. Un peu plus de 60 % des biodéchets sont valorisés en compostage et le reste en méthanisation (European Environment Agency, 2020).

La Catalogne est la région la plus performante. En 2019, près de 433 000 tonnes de biodéchets ont été collectées séparément et 7 000 tonnes ont été compostées à domicile (Agencia de Residus de Catalunya, 2019).

### 3.2.7. Synthèse pour les principaux pays européens

Les principaux éléments sur les obligations et pratiques en termes de prévention et gestion des biodéchets des pays venant d'être cités sont résumés dans le tableau ci-après.

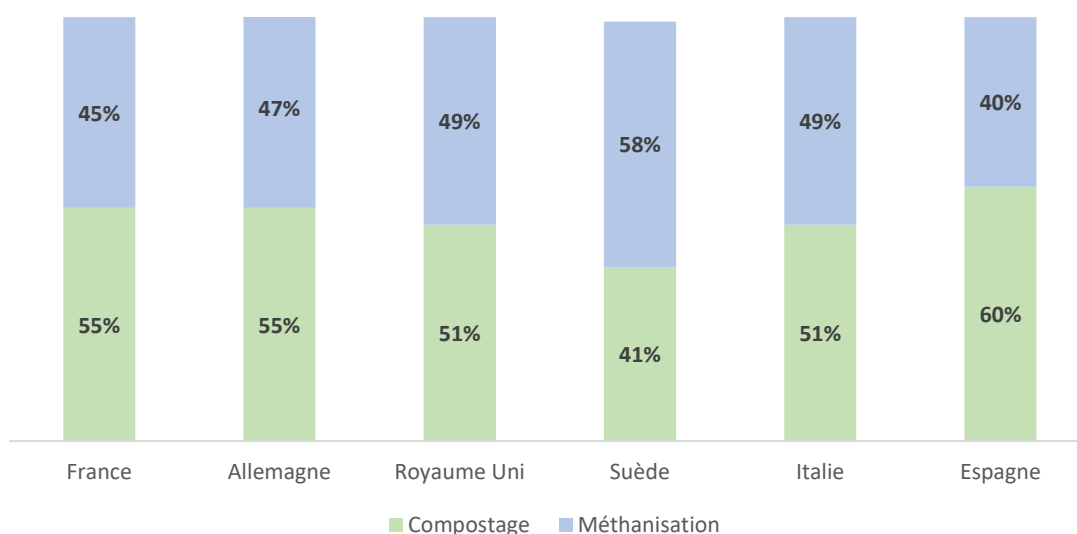
**Tableau 4. Synthèse des principaux éléments par pays.**

	Prévention	Tri à la source des biodéchets
<p><b>Royaume-Uni</b></p> 	<p><b>Royaume-Uni</b></p> <p>Série d'accords volontaires sur le gaspillage alimentaire depuis 2007 : diminution de 14 %</p> <p>Accord Courtauld Commitment 2025 : objectif de réduction de 20 % entre 2015 et 2025.</p> <p><b>Angleterre</b></p> <p>Réglementation sur les déchets (2011) et Programme sur la prévention des déchets (2013) : plusieurs objectifs de prévention</p> <p><b>Ecosse</b></p> <p>Plan zéro déchet (2010) : recycler au moins 70 % des déchets d'ici 2025</p> <p>Réduction du gaspillage alimentaire de 33 % entre 2013 et 2025</p> <p><b>Pays de Galles</b></p> <p>Stratégie zéro déchet (2010) : recycler au moins 70 % des déchets d'ici 2025</p>	<p><b>Angleterre</b></p> <p>Proposition d'une stratégie (2018) : introduction de la <b>collecte hebdomadaire</b> des déchets alimentaires pour tous les ménages et professionnels</p> <p>50 % territoire collecté en 2016</p> <p><b>Irlande du Nord</b></p> <p>Réglementation sur les déchets alimentaires (2015) : obligation de la collecte séparée pour les ménages, collecte obligatoire pour les entreprises produisant plus de 5 kg/semaine de déchets alimentaires</p> <p><b>Collecte effective sur tout le territoire</b></p> <p><b>Ecosse</b></p> <p>Règlement sur les déchets (2012) : <b>collecte des déchets alimentaires obligatoire dans les zones non rurales</b> depuis le 01/01/2016</p> <p>Obligation de la collecte pour les entreprises produisant plus de 5 kg/semaine de déchets alimentaires</p> <p>90 % du territoire collecté en 2016</p> <p><b>Pays de Galles</b></p> <p><b>Collecte</b> sur tout le territoire</p>
<p><b>Suède</b></p> 	<p>2017 : objectifs sur le gaspillage alimentaire inclus dans le plan d'actions « More to do more ».</p>	<p>4,8 % des déchets alimentaires compostés à domicile</p> <p>Obligation de la collecte à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2024</p> <p>Collectes 238 des 290 villes suédoises</p>
<p><b>Italie</b></p> 	<p>Loi sur le gaspillage alimentaire (2016) : don et distribution de déchets alimentaires fortement incités, par l'instauration d'une réduction d'impôt</p>	<p>1997 : objectif de collecter séparément 35 % des déchets (tous flux confondus) d'ici 2023</p> <p>2006 : objectif de collecter séparément 40 % des déchets (tous flux confondus) dans chaque commune en 2007 et 65 % en 2012</p> <p><b>Collecte séparée des biodéchets imposé par la majorité des programmes régionaux</b></p>
<p><b>Espagne</b></p> 	<p>Plans sur la prévention du gaspillage alimentaire 2013-2016 puis 2016-2020.</p> <p>Deux accords volontaires</p> <p>Plans régionaux sur la réduction du gaspillage alimentaire</p>	<p>Loi sur les déchets et sols pollués (2011) : encourage la séparation à la source des biodéchets</p> <p>La majorité de plans régionaux de gestion des déchets intègrent la collecte séparée</p>

Parmi les pays étudiés, on note que plusieurs imposent la collecte séparée des biodéchets auprès des ménages : c'est le cas de l'Allemagne, de l'Angleterre, de l'Irlande du Nord, de l'Ecosse (uniquement pour les zones non rurales), du pays de Galle et de la majeure partie des régions d'Italie et d'Espagne. La Suède est par ailleurs en cours de réflexion pour rendre également la collecte obligatoire.

Par ailleurs, les pratiques en termes de valorisation des biodéchets collectés sont résumées ci-après. On note globalement que les biodéchets sont globalement, valorisés à 50 % en méthanisation et 50 % en compostage. Ces chiffres moyens sont toutefois représentatifs d'une échelle nationale (toutes typologies d'habitat confondues) et pour l'ensemble des biodéchets (déchets alimentaires et déchets verts). A titre d'exemple, pour la Suède, alors que 100 % des déchets verts sont traités en compostage, les déchets alimentaires sont quasi-exclusivement traités par méthanisation (86 % en unité de méthanisation et 12 % en co-digestion avec des boues de STEP, contre seulement 2 % par compostage).

En France, bien que plus de collectivités traitent leurs biodéchets par compostage, les sites de méthanisation sont plus gros et traitent plus de déchets.



**Figure 12. Modes de valorisation des biodéchets (en parts de biodéchets traités en %).**

Les principales réglementations et normes produits sont reprises dans le tableau ci-dessous, sans exhaustivité à ce stade.

**Tableau 5. Normes et réglementations applicables par pays.**

	<b>Normes compostage / digestat</b>
<b>Union Européenne</b>	<p><b>Réglementation sur les déchets</b> / Directive cadre sur l'Economie Circulaire : <b>(UE) 2018/851</b></p> <p><b>Réglementation sur les sous-produits animaux (SPAn)</b> Règlement (CE) n° 1069/2009 / Règlement d'application (UE) n° 142/2011</p> <p><b>Règlement sur les matières fertilisantes (UE)</b> n° 2019/1009, « établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE », Sa mise en application est progressive et les fertilisants « UE » pourront être mis sur le marché à partir du 16 juillet 2022.</p> <p><b>Règlement sur l'Agriculture Biologique (UE)</b> n° 2018/848 / (CE) No 834/2007 / (CE) No 889/2008</p> <p>Autorisation de l'épandage de digestats, y compris de digestats issu de mélanges fermentés de déchets ménagers</p>
<b>France</b>	<p>Norme NF U44-051 : Amendements organiques (avec ou sans engrais)</p> <p>Norme NF U44-551 : Supports de culture (avec ou sans engrais)</p> <p>Norme NF U44-095 : Amendements organiques, Composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement des eaux (avec ou sans engrais)</p> <p>Écolabel européen : milieux de culture, amendements pour sols et paillis</p> <p>Label ASQA</p> <p>Valorisation agronomique : conformité à la Directive Nitrate</p>
<b>Allemagne</b>	<p>Réglementation SPAn adaptée : les DCT en sont exclus</p> <p>DüV sur les fertilisants (2017) : compost et digestat soumis à max. 170 kg N/ha</p> <p>Label de qualité RAL (1989) : Norme sur le compost (1991) et sur le digestat (2000)</p> <p>Existence d'exigences supplémentaires des associations d'agriculture biologique : Bioland/Naturland</p>
<b>Royaume-Uni</b>	<p>Appellations Compost PAS 100 et Digestat PAS 110 (pas de norme)</p> <p>Angleterre, Irlande du Nord et Pays de Galles : création de critères de sortie du statut de déchets « Quality Protocol » pour la commercialisation du compost et du digestat</p>
<b>Suède</b>	<p>Certifications (1999) : SPCR 120 pour le digestat et SPCR 152 pour le compost : impact sur la qualité des co-produits, mais aussi exigences sur l'installation et obligation de collecte en sacs papiers.</p>
<b>Italie</b>	<p>Label (2003) : « CIC Quality Compost Label » (CQL) pour le compost</p> <p>Label « Biomethane Fertile » pour le biométhane</p>

## 4. Enjeux associés à la gestion des biodéchets

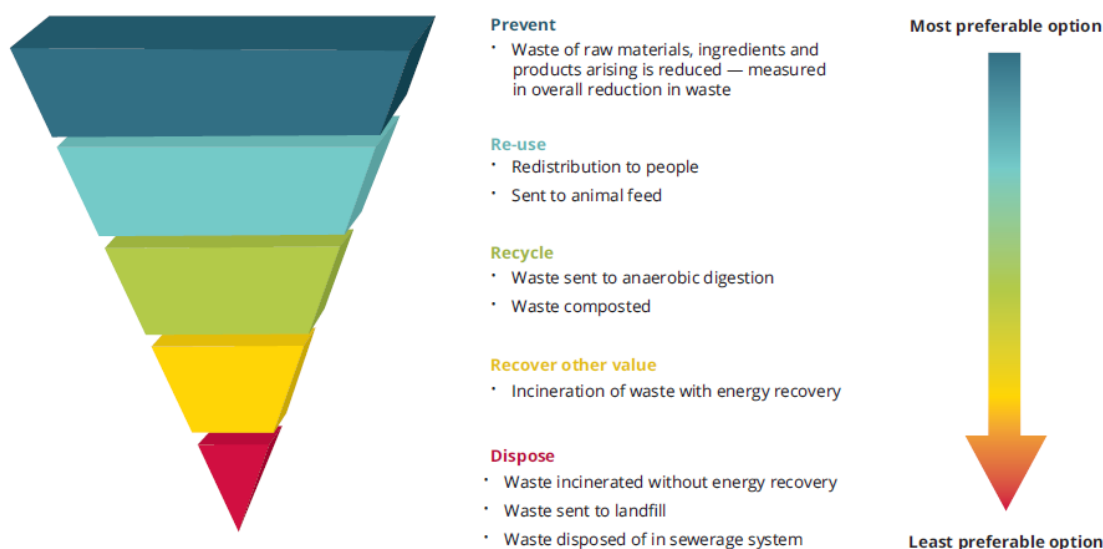
Cette partie présente les principaux enjeux liés à la gestion des biodéchets, sur la base de documents issus de la littérature. Elle est complétée dans le chapitre III, à travers les retours d'expérience documentés.

### 4.1. Généralités

#### 4.1.1. Hiérarchie de gestion des déchets

La directive cadre sur les déchets de 2008 a instauré la hiérarchie de gestion des déchets (voir figure ci-après). Celle-ci indique que la prévention est à privilégier et que le recours à l'élimination sans valorisation est à éviter au maximum. Le traitement des déchets avec valorisation n'apparaît qu'après la prévention, la réutilisation et le recyclage.

La création d'unités de valorisation organique (méthanisation, de compostage ou autre) doit donc être planifiée en tenant compte de cette hiérarchie, et notamment en anticipant les évolutions liées à une meilleure prévention. Les unités de valorisation doivent fonctionner au maximum de leur capacité pour des raisons économiques et techniques. En effet, les apports d'intrants doivent être réguliers, notamment en méthanisation. Plus la quantité des intrants apportés dans un méthaniseur est importante, plus le rendement sera intéressant et plus la quantité de biogaz produit sera importante. En outre, le traitement de proximité doit également être privilégié, pour favoriser le retour au sol au niveau local et limiter le transport de ces déchets. Le compostage de proximité ainsi que les projets de valorisation territoriaux ou locaux sont donc également à favoriser.



**Figure 13. Hiérarchie de gestion des déchets (European Environment Agency, 2020).**

#### 4.1.2. Enjeux économiques

La mise en place de la collecte des biodéchets a un impact sur le coût de la gestion des déchets. L'ADEME a évalué cette hausse à environ 11,3 €/HT/hab. Cependant, cette hausse peut être limitée, par exemple, par une optimisation du service, une identification des zones les plus pertinentes ou encore une identification des exutoires de traitement les plus proches (ADEME, 2018).

Les coûts d'investissement concernant les plateformes de compostage et les unités de méthanisation dépendent du type d'installation choisi et du type de valorisation adopté. L'ADEME précise les ordres de grandeurs suivants (ADEME, 2015) :

- unité de compostage :
  - o coût d'investissement entre 124 €/t<sub>c</sub> à 465 €/t<sub>c</sub> suivant le type d'installation (coûts exprimés par rapport à la capacité entrante en tonne).
  - o coût de traitement très variable : il peut être une charge ou une source de recette suivant la commercialisation du compost produit.
- unité de méthanisation traitant les déchets alimentaires à l'échelle industrielle :
  - o coût d'investissement entre 500 €/t<sub>c</sub> et 1 200 €/t<sub>c</sub> selon la capacité de l'installation.
  - o coûts d'exploitation variables suivant le dimensionnement, le type de déchets traités et le(s) mode(s) de valorisation. A titre d'exemple, la méthanisation agricole n'est pas rentable si seule de l'électricité est produite (pas de valorisation des digestats).

De même, SAGE indique des coûts (investissements + fonctionnement) plus élevés pour la méthanisation : 92 à 107 €/t<sub>t</sub> pour la méthanisation contre seulement 40 à 42 €/t<sub>t</sub> pour le compostage (ces coûts sont exprimés par rapport à la tonne traitée, donc nous comparables aux précédents) (AMORCE, 2019).

Ces coûts sont des coûts moyens tous types d'intrants confondus. Pour rappel, les unités de compostage traitent principalement des déchets verts à ce jour (pas d'agrément sanitaire nécessaire).

### 4.1.3. Acceptation des biodéchets municipaux sur des installations traitant d'autres déchets

Comme évoqué précédemment, la réglementation sanitaire européenne fixe les conditions de traitement des SPAN. Seules deux filières de valorisation sont autorisées pour les déchets de cuisine et de table : le compostage et la méthanisation dans des unités agréées. Néanmoins, plusieurs dérogations existent. Les matières classées SPAN C2 et C3 peuvent être méthanisées sans stérilisation ni hygiénisation si le digestat est incinéré ou valorisé en compost ; ceci nécessite toutefois l'accord de la DDCSPP locale. Certaines matières de classe C2 (ex. lisiers, fumiers, produits laitiers) et de classe C3 (ex. anciennes denrées alimentaires cuites, anciens aliments pour animaux cuits) font aussi l'objet d'une dérogation si elles sont utilisées seules dans un méthaniseur ou avec d'autres matières de classes C2 et C3 ayant été stérilisées/hygiénisées. En revanche, les déchets de cuisine et de table, les denrées alimentaires crues et les déchets d'abattoirs d'animaux « sains » doivent impérativement être hygiénisés avant d'être mélangés à d'autres intrants (ATEE, s.d.).

### 4.1.4. Acceptation des installations

Les installations de compostage et de méthanisation ne sont pas toujours bien acceptées par la population. Le syndrome « *Not In My Back Yard* » (NYMBY) est souvent évoqué pour expliquer les problèmes d'acceptabilité sociale mais il ne peut rendre compte de toutes les subtilités liées au sujet. Les citoyens sont nombreux à être en faveur du développement de l'énergie renouvelable, mais refusent parfois l'implantation d'installations dans leur environnement proche pour diverses raisons. Les nuisances olfactives sont la raison la plus invoquée. Certaines odeurs peuvent provenir du stockage et du broyage des intrants en méthanisation et dans les installations de compostage en milieu ouvert. L'impact sur le paysage, l'impact sonore et la hausse du trafic routier (pour les grandes installations) sont d'autres sources de contestations qui peuvent être identifiées et évitées en amont des projets si ces derniers sont co-construits. D'après Bourdin (2019), les installations de traitement des biodéchets sont plus facilement acceptées lorsqu'il y a une politique globale de gouvernance territoriale basée sur la création de confiance ainsi qu'une intégration de toutes les parties prenantes concernées. Au-delà du syndrome NIMBY, il existe également un problème de justice distributive. D'après l'étude réalisée par Bourdin, les profits pour la communauté locale sont faibles et limités à un nombre très restreint d'acteurs économiques. Assurer une « équité locale » favoriserait clairement l'acceptabilité du projet (Bourdin, 2019).

## 4.2. Enjeux liés à la collecte

Le collecte des biodéchets ménagers et professionnels se développe en France depuis quelques années. Quelques retours d'expérience et guides à destination des collectivités sont disponibles pour préciser les principales problématiques rencontrées et facteurs de réussite d'une collecte auprès des usagers d'une collectivité (Compost Plus, 2018 ; ADEME, 2013). Le benchmark réalisé en 2021 par l'ADEME complète également ces retours d'expérience avec des exemples européens (ADEME, 2021b).

Le dimensionnement d'une collecte de biodéchets doit répondre à deux principaux enjeux : faciliter le geste de tri pour optimiser les quantités collectées et assurer une bonne qualité des biodéchets collectés. Pour cela, plusieurs recommandations sont émises, parmi lesquelles :

- **Communiquer largement et régulièrement** : les performances reposent en effet pour partie sur l'implication des usagers et la qualité du tri. La communication auprès de la population est donc décisive dès son lancement et doit être régulièrement renouvelée pour dynamiser la participation des usagers.
- **Cibler les déchets alimentaires en priorité** : Plusieurs grandes agglomérations proposent encore ce type de collectes en mélange (déchets alimentaires et déchets verts, mais les projets actuellement développés de collecte séparée visent dorénavant exclusivement les déchets alimentaires. Les déchets verts et les biodéchets ont en effet des caractéristiques différentes, impliquant des modalités de gestion spécifiques, tant pour la collecte que pour le traitement.
- **Choisir des outils de tri adaptés** : pour favoriser la participation des usagers il est également indispensable d'équiper les foyers d'un matériel de tri pratique et peu encombrant dans la cuisine. A ce sujet, il est recommandé l'utilisation d'un bio-seau ajouré avec un sac compostable, préférentiellement en papier. Toutefois l'utilisation de sacs plastiques peut être préférée par certains usagers, car ils sont plus résistants.



## Zoom sur les sacs en plastique et la notion de biodégradabilité

Différents types de sacs en plastique peuvent être utilisés, qui se distinguent par leur origine et leur biodégradabilité :

- i) les plastiques biosourcés et non biodégradables ;
- ii) les plastiques biosourcés et biodégradables ;
- iii) les plastiques non biosourcés (pétrochimiques) et biodégradables.
- iv) les plastiques non biosourcés et non biodégradables.

Différentes conditions sont nécessaires à l'établissement de la biodégradabilité (ADEME, 2020c) :

- L'action biologique est impérative pour qu'un plastique soit classé comme biodégradable. Elle peut être le fait de micro et/ou de macro-organismes. Elle implique la décomposition des molécules, en passant éventuellement par une étape intermédiaire de fragmentation et engendre la formation d'eau, de gaz (CO<sub>2</sub> et/ou de CH<sub>4</sub>) et éventuellement de sous-produits (résidus, nouvelle biomasse) dont il conviendra qu'ils soient non toxiques pour l'environnement.
- Des dégradations biotiques ou abiotiques initiales (fragmentation) peuvent favoriser la décomposition par les micro-organismes.
- La notion de biodégradabilité est nécessairement liée à la précision des conditions du milieu : compostage industriel, compostage domestique, méthanisation, dégradation dans le milieu sol, eau douce, eau de mer...
- La biodégradabilité est également définie selon une période de temps.

La biodégradation peut passer par une étape intermédiaire de fragmentation ou désintégration du matériau. Il est prouvé que la désintégration d'un plastique permet d'augmenter la surface accessible et ainsi d'accélérer la biodégradation si elle doit avoir lieu. Ce peut donc être une étape de la biodégradation sous réserve qu'il y ait in fine une bio assimilation. A noter que certains matériaux se fragmentent sans qu'il n'y ait de biodégradation ensuite, c'est le cas des oxobiodégradables ou oxybiodégradables. Ces plastiques n'entrent pas dans la définition des plastiques biodégradables puisque leur assimilation par des organismes vivants n'a jamais encore pu être validée scientifiquement sur la base des méthodes normatives. Les sacs oxo-dégradables sont interdits depuis la LTECV mais on n'en trouve encore dans le commerce.

L'évaluation du caractère biodégradable est encadrée par différentes normes, mais ces spécifications concernent uniquement le compostage :

- La notion de biodégradation est définie par l'ISO 472 : 2013 (définition 2.1680), mais uniquement dans le domaine du compostage des déchets plastiques, comme étant « la dégradation causée par une activité biologique, en particulier par une action enzymatique, entraînant une modification significative de la structure chimique d'un matériau.
- La norme NF EN 13432 permet de normer un emballage plastique par rapport à sa biodégradation en compostage industriel uniquement. Les conditions de compostage associées à cette norme sont les suivantes : température élevée dans les andains (plus de 60°C), brassages réguliers (retournement des andains), humidité vérifiée, etc.
- La norme NF T51-800 permet de normer un plastique par rapport à sa biodégradation en compostage domestique. Les conditions de compostage domestique associées à cette norme sont les suivantes : températures plus faibles dans le compost (30°C), température extérieure de +25°C (+ ou - 5°C).

Outre ces références normatives, il existe également des certifications privées (marques de conformité), dont la plus répandue en France est celle délivrée par TÜV AUSTRIA qui propose cinq labels concernant la biodégradabilité (OK compost INDUSTRIAL, OK compost HOME, OK biodegradable SOIL, OK biodegradable WATER et OK biodegradable MARINE) ou DIN CERTCO. Ces certifications établissent leurs propres exigences (programmes d'essais) en se basant bien entendu sur les normes référencées ci-dessus. Ces certifications reposent sur l'instruction d'un dossier pour chaque produit demandant une certification comprenant la réalisation des essais par des laboratoires reconnus. Des contrôles peuvent être réalisés.

Cette problématique de terminologie impacte la filière valorisation organique :

- **Geste de tri** : il est difficile pour le consommateur de distinguer les différents types de plastiques.

- **Biodégradabilité** : la biodégradabilité n'est pas toujours adaptée aux procédés de compostage et de méthanisation appliqués sur le terrain et les filières manquent de recul sur l'impact de tels matériaux.
- **Impact sur le produit fini et/ou le process** : des études commencent à émerger révélant que des molécules plus ou moins nocives sont présentes dans les plastiques, même biodégradables et peuvent être libérées à travers le process de compostage et/ou de méthanisation. Par ailleurs, ces sacs plastiques présentent une grande élasticité : ils peuvent s'étirer et s'accumuler sur les pièces en mouvements des équipements de pré-traitement (broyeur, déconditionneurs, pompes ou agitateurs des systèmes d'hygiénisation...

Sur la base de ces constats, la FNADE (2020) recommande de collecter les biodéchets des ménages en vrac, ou dans des contenants en papier (sac kraft). FEDEREC (2021) préconise également de ne pas orienter les plastiques biodégradables vers les circuits de collecte des biodéchets qui alimentent les installations de compostage industriel et de méthanisation.

L'arrêté du 15 mars 2022 fixe la liste des emballages et déchets qui peuvent être collectés avec des biodéchets triés à la source. Au cœur du sujet figure la collecte en mélange de certains plastiques compostables.

Depuis l'arrêté du 15 mars 2022, seuls sont autorisés pour collecter les biodéchets :

- les sacs en papier ou carton,
- les sacs plastique répondant à la norme NF T51-800 (compostage domestique),
- les sacs en plastique normé NE EN 13432 (compostage industriel) sont pour certains autorisés jusqu'au 31 décembre 2024 (uniquement s'ils ont été commandés par les collectivités dans le cadre de marchés publics passés avant la publication de l'arrêté)

**Pour les sacs ne répondant pas aux critères de l'arrêté, le déconditionnement avant valorisation est obligatoire.**

- **Adapter les moyens de pré-collecte** : Réduire le volume de bac est essentiel pour limiter la présence de déchets verts dans les collectes de biodéchets. Par ailleurs, il est recommandé de privilégier l'individualisation des bacs pour assurer la traçabilité des déchets et responsabiliser l'utilisateur. Dans certaines situations (habitat dense, manque de place, accessibilité réduite des camions de collecte...) il est toutefois nécessaire de proposer des bacs collectifs ou des PAV. Alors, le bac ou point d'apport devra être bien identifié, avec éventuellement un contrôle d'accès.
- **Réviser l'ensemble du dispositif de collecte** : cela passe par une adaptation des fréquences de collecte OMR, un redimensionnement des collectes et une adaptation du matériel de collecte. En outre, le périmètre de collecte des biodéchets doit être adapté à la typologie : la collecte séparée des biodéchets ne présente pas la même efficacité en fonction de l'habitat. En milieu urbain dense, les contraintes de collecte requièrent des investissements importants ; en habitat rural, la faible production de biodéchets rapportée aux distances de collecte ne justifie pas toujours la mise en place d'une collecte séparée.
- **Expérimenter** : tester le dispositif sur des quartiers pilotes permet de valider les hypothèses de dimensionnement en vue de son extension et de rôder sa communication. Il est nécessaire de bien intégrer tous les critères socio-démographiques du territoire et toutes les cibles utilisatrices du futur dispositif (collectifs, professionnels, résidences secondaires, usagers pratiquant le compostage domestique...).
- **Mettre en place des outils d'évaluation du service** : suivi des performances de collecte et de la qualité des déchets collectés).



### **Zoom sur les déchets acceptables au sein d'une collecte des biodéchets**

L'arrêté du 15 mars 2022 élargit la liste des déchets acceptables pour une collecte des biodéchets. Au-delà des sacs de collecte compostables (voir plus haut), et outre les biodéchets stricts, le texte autorise les déchets suivants :

- les filtres à café en papier ;
- les sachets de thé et tisane en papier, et leur contenu ;
- les capsules et dosettes à café composées d'au moins 95 % de papier ;
- les serviettes en papier ;
- les fleurs fanées ;
- les cheveux, les ongles, les plumes et les poils d'animaux de compagnie.

Il est à noter que la collecte conjointe des déchets listés dans l'arrêté « est rendue possible par le présent arrêté, mais n'est pas obligatoire ». Il revient aux collectivités de fixer la liste des déchets acceptés avec les biodéchets. Par ailleurs, les déchets doivent répondre à l'ensemble des exigences fixées par la norme encadrant le compostage domestique.

En revanche, le texte n'autorise pas la collecte conjointe des litières végétales d'animaux domestiques. Les emballages et cartons souillés par des aliments (carton à pizza, etc.) restent aussi exclus de la collecte conjointe.

## **4.3. Enjeux du compostage industriel**

### **4.3.1. Enjeux vis-à-vis des intrants**

#### **Qualité des intrants**

La qualité des intrants est primordiale pour la valorisation des biodéchets parce que la qualité des intrants impacte le fonctionnement des installations, que ce soit en termes de réaction de biodégradation ou de qualité des produits sortants qui se doivent de respecter des normes plus ou moins strictes selon les pays.

Le mélange des déchets mis à composter doit être équilibré et structuré. Plusieurs indicateurs permettent d'obtenir un bon mélange :

- L'humidité et la compacité : elles doivent permettre une circulation d'air suffisante au sein du tas. Le taux de matière sèche doit être inférieur à 50 %.
- La structure et la porosité : la granulométrie des matières ne doit pas être trop fine pour éviter tout compactage, ni trop grossière pour permettre leur dégradation
- Le rapport C/N (rapport massique du carbone sur azote) : il doit être compris entre 20 et 35. Les micro-organismes responsables des fermentations ont besoin de 15 à 30 fois plus de carbone que d'azote pour décomposer la matière organique. Le produit de départ doit donc être suffisamment structuré afin d'obtenir ce rapport optimal.

**Dans le cas des biodéchets de type déchets alimentaires, ils sont trop humides pour faire l'objet d'un compostage en tant qu'intrants uniques et doivent par conséquent être mélangés à un structurant.**

Une étape de broyage peut avoir lieu lorsqu'il y a une présence de déchets ligneux parmi les intrants.

En outre, le procédé de compostage provoque une perte de volume de 70 % entre les déchets intrants et le produit fini, du fait de la dégradation de la matière organique. Ainsi, si le compostage permet d'hygiéniser les matières, grâce à la montée en température, il ne permet pas la dégradation de certains polluants, notamment les métaux lourds, qui au contraire se concentrent dans le compost. La qualité des matières organiques d'origine est primordiale pour garantir la qualité du compost. 24 des 39 pays

étudiés par l'EEA ont des normes nationales sur la qualité du compost, fixées par la législation en vigueur, des normes indépendantes ou en cours d'élaboration (European Environment Agency, 2020). Les normes sur la qualité pour les métaux lourds et les impuretés ainsi que les limites de doses d'application au sol varient selon les pays car elles dépendent principalement de la situation (ex. structure du sol, concentrations de fond de polluants, pratiques agricoles, absence ou présence d'amendements/engrais dans le sol).

Pour supprimer au maximum les éléments indésirables, une étape de prétraitement est souvent nécessaire, permettant de retirer notamment les métaux ou de déconditionner les déchets. Le plastique est un contaminant majeur à traiter, pour assurer une qualité du compost : la réglementation européenne sur les produits fertilisants fixe la présence maximum de plastique dans le compost à 2,5g/kg de compost (European Environment Agency, 2020) et plusieurs pays ont fixé des seuils encore plus stricts.

D'après van der Zee et Molenveld (2020), le déploiement de la collecte des biodéchets auprès des usagers pourrait augmenter le risque de contamination par le plastique. Ceci exige donc des mesures pour réduire la contamination des biodéchets par les plastiques lors de la collecte. En effet, il est plus efficace d'éviter la contamination des plastiques à la source que de miser sur leur élimination lors du traitement, plus coûteuse et limitée dans ses effets (Kehres, 2017).

Certains types d'intrants peuvent également avoir des conséquences sur l'environnement et la santé (ex. dégagement d'odeurs pouvant être potentiellement fortes, présence de polluants organiques) (Saveyn et Eder, 2014).

Les normes de qualité des produits sont plus facilement atteignables lorsque les boues d'épuration ne sont pas autorisées à être traitées en mélange avec les biodéchets et lorsqu'une évaluation des risques est obligatoire pour les intrants (Saveyn et Eder, 2014).

#### 4.3.2. Enjeux vis-à-vis des procédés

Le compostage est caractérisé par une production de chaleur, une perte de masse et de volume (due à la perte de matière, l'évaporation d'eau et un effet de tassement), une transformation des matières premières organiques (par voie chimique, biochimique et physique).

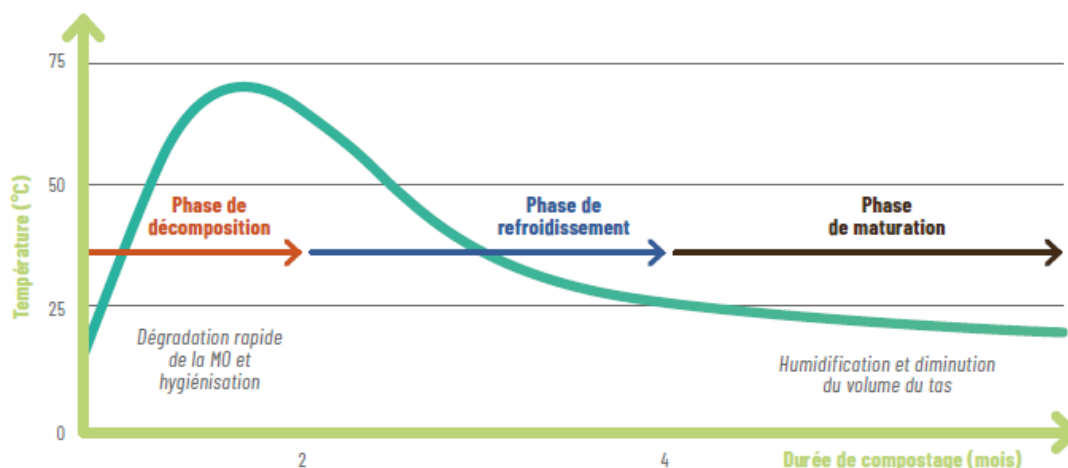


Figure 14. Principales phases du compostage et processus en jeu (Source : Chambre d'agriculture Occitanie, 2019).

Lors du procédé, la matière organique se dégrade rapidement avec une montée en température au-dessus de 45°C. Cette étape voit se succéder :

- dans un premier temps, l'action des micro-organismes mésophiles engendre une montée en température jusqu'à 30-40°C, une dégradation de la cellulose et est responsable de la principale perte de masse,

- dans un second temps, celle des micro-organismes thermophiles, avec l'atteinte au centre du tas de températures élevées de 60-70 °C. A ce stade, ont lieu l'évaporation d'eau et les pertes en azote qui se minéralise sous forme ammoniacale volatile. La perte de poids continue également.

L'**hygiénisation** du compost a lieu lorsque la température est maintenue plusieurs jours au-dessus d'une certaine valeur. Selon l'ADEME, un compost bien hygiénisé doit avoir atteint 55 °C pendant deux semaines ou 50 °C pendant 6 semaines. Si cette hygiénisation n'est pas respectée, le compost peut contenir différents types d'agents pathogènes tels que les champignons et parasites, issus des intrants. Il peut également contenir des mauvaises herbes et des propagules végétales viables qui favorisent la croissance des mauvaises herbes lorsqu'elles sont répandues sur le sol. La présence de pathogènes dépend de l'origine, du stockage et du process.

La phase de refroidissement ou intermédiaire est caractérisée par une stabilisation de la température au-dessous de 40°C. Lors de cette phase, l'azote est incorporé dans des molécules complexes.

La phase de maturation ou mésophile s'accompagne de la conversion de la matière organique en humus stable sous l'action des champignons qui prennent la place des micro-organismes. Les matières organiques sont stabilisées et humifiées, le pH s'équilibre vers la neutralité et le volume du tas diminue : évaporation de l'eau et volatilisation du carbone. Cette phase de maturation nécessite quelques mois, mais est parfois réduite pour des raisons de place ou pour récupérer du structurant par ciblage.

Le compost est ensuite criblé pour répondre aux besoins du marché et pour récupérer les refus (réutilisés dans un autre tas de compost). Cette étape permet aussi d'enlever les indésirables non récupérés lors de la réception des intrants. Enfin, le compost est stocké de préférence sous hangar ou sous une bâche pour le protéger des intempéries (ADEME, 2015).

Différents types d'installations peuvent être dimensionnées pour respecter ce procédé, selon la qualité et les quantités d'intrants. En termes financiers, les installations de compostage lent présentent des coûts d'investissement deux fois moins élevés que les installations de compostage accéléré à l'air libre et quatre fois moins élevés que le compostage sous bâtiment. En revanche, lorsqu'on exprime les coûts d'investissement en tonnes de déchets entrants, le compostage lent et accéléré à l'air libre ont des coûts relativement semblables (respectivement 124 €/t et 189 €/t en 2005). Le coût du compostage sous bâtiment reste de loin le plus important (465 €/t). Le coût de traitement des biodéchets varie également fortement en fonction de leur origine et de l'activité de l'unité de compostage. Les installations de compostage sont soumises à la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) (ADEME, 2015). Celles accueillant des déchets alimentaires et ayant une capacité située entre 2 et 20 tonnes par jour sont soumises à déclaration. Celles ayant une capacité située entre 20 et 75 tonnes par jour sont soumises à enregistrement et celles accueillant plus de 75 tonnes de déchets alimentaires par jours doivent obtenir une autorisation.

Plusieurs techniques de compostage à grande échelle sont utilisées. Le compostage se fait majoritairement en casier/couloir sous aération forcée, en réacteur fermé, à ciel ouvert.

Le **compostage à ciel ouvert** est le plus rencontré parce qu'il est le plus simple et le moins cher à mettre en place. Il est bien adapté aux déchets verts. Les andains (2 à 3 m de haut) sont retournés régulièrement, notamment lors de la phase active du compostage. Plusieurs mois sont nécessaires pour un bon traitement (phase de maturation incluse) (ADEME, 2015).

Le **compostage en casier/couloir sous aération forcée** est utilisé principalement pour le compostage des boues d'épuration. Les boues (préalablement déshydratés) sont mélangées avec un structurant puis envoyées dans un casier sous aération forcée (insufflation ou aspiration d'air). Les casiers sont sous une bâche, sous un auvent ou dans un bâtiment fermé. Dans ce dernier cas, l'air est capté puis traité. Cette étape dure 3 à 4 semaines. Un changement de casier peut être effectué pendant ces semaines. Le produit est ensuite criblé. La maturation est réalisée en andain et le structurant récupéré par criblage est réutilisé en début de process (ADEME, 2015).

Le **compostage en réacteur fermé** est utilisé principalement pour les biodéchets collectés sélectivement auprès des ménages et des professionnels. Le process est quasiment similaire avec le compostage en casier. Toutefois, chaque casier forme un réacteur fermé qui est dirigé de manière autonome en termes d'aération et de gestion de l'humidité (ADEME, 2015).

Le compostage peut se faire à plus petite échelle, notamment dans le cadre du compostage en bout de champ. La mise en andain se fait par vidage successif des remorques, en tas d'environ 1,7 sur 3 m de haut sur 3,5 m de large. Le retournement doit être effectué tous les 10 jours à 3 semaines et cela minimum deux fois. Le compost est à épandre 3 semaines après le dernier retournement (ADEME, 2015).

**De manière générale, le compostage des biodéchets des collectivités (i.e. des DCT) peut se faire sur tout type d'installation de compostage en théorie et donc par extension y compris à ciel ouvert. Une autorisation de la DDPP est toutefois nécessaire. Par ailleurs, la présence de DCT peut engendrer des nuisances importantes. Il est donc recommandé de positionner l'installation à distance des habitations et de procéder à des bâchages des andains.**

### **4.3.3. Enjeux vis-à-vis de la valorisation des sortants**

#### **Un cadre réglementaire évolutif**

La réglementation européenne sur les produits fertilisants a pour but d'encourager l'utilisation d'engrais organiques et d'amendements de sol, pour réduire la dépendance vis-à-vis des importations d'engrais minéraux et contribuer à une économie circulaire pour les nutriments. Des exigences réglementaires sur la mise sur le marché de fertilisants à base de compost et de digestat (engrais organique, amendement du sol et milieux de culture) sont alors mises en place. Toutefois, les règles nationales pour les engrais et les amendements peuvent être maintenues, en cas de reconnaissance bilatérale de ces règles. Depuis le 16 juillet 2020, la réglementation impose aux entreprises des États membres de l'Union européenne la certification (marquage CE) de leurs composts, amendements, engrais et milieux de culture à base de compost ou de digestat séché pour les exporter vers d'autres pays européens. Les biodéchets qui ne sont pas collectés séparément, les boues d'épuration et les boues industrielles ne sont pas autorisés comme matières premières (European Environment Agency, 2020).

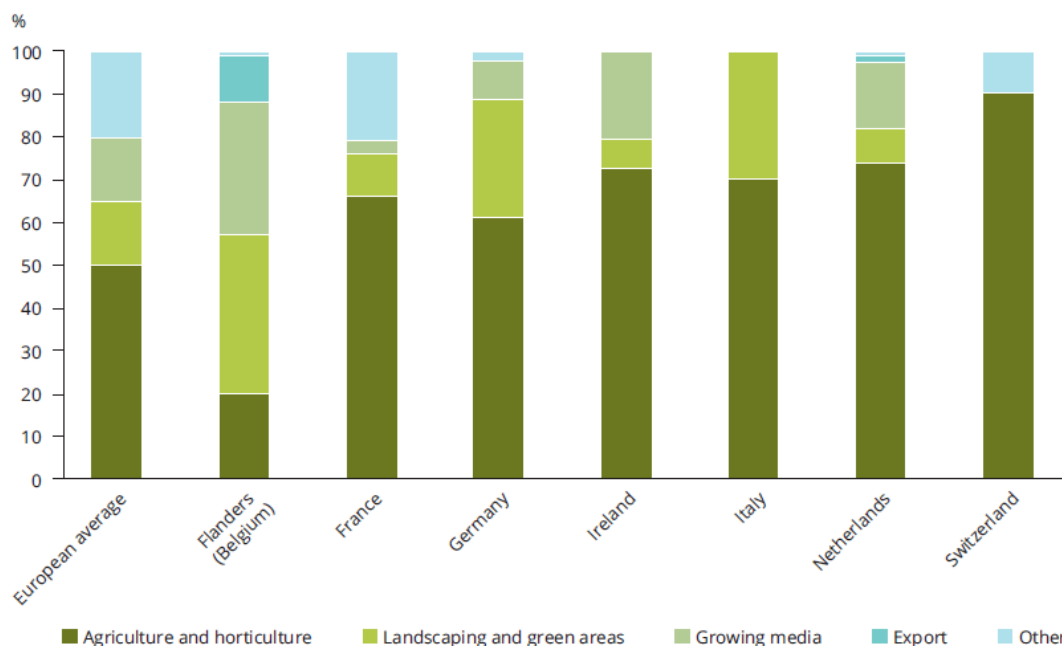
Le retour au sol du compost en tant que matière fertilisante peut se faire selon plusieurs modalités (article L. 255-5 du Code Rural et de la Pêche Maritime) :

- Mise sur le marché d'un compost conforme à la norme NFU 44-051 ;
- Mise sur le marché suite à la délivrance d'une autorisation de mise sur le marché (= le compost devient un produit) ;
- Mise sur le marché d'un produit conforme à un cahier des charges approuvé par voie réglementaire.

La dose moyenne d'épandage de compost conseillée selon la norme NFU 44-051 est 10 tonnes/ha/an. Le principal débouché du compost est le monde agricole qui permet un écoulement local du compost produit. Assurer la qualité du compost est par exemple permis par la normalisation (NFU 44051, NFU 44551) ou encore la labellisation (Écolabel Européen, ASQA, uAB) du compost : pour connaître les exigences et garanties de chaque norme et label, voir l'annexe 1.

#### **Un marché du compost soumis à la concurrence**

Près de la moitié du compost produit en Europe est destiné à l'agriculture et à l'horticulture (voir figure ci-après). En France, le compost est utilisé à 65 % en agriculture et en horticulture, à 10 % pour l'aménagement paysager et les espaces verts et à 5 % pour les milieux de culture. Les 20 % restant sont valorisés par d'autres biais.



**Figure 15. Marché du compost issu des biodéchets dans plusieurs pays et régions européennes en 2018 (European Environment Agency, 2020).**

La concurrence entre le compost et d'autres engrais organiques tels que le fumier et le digestat entraîne une offre excédentaire d'engrais organiques dans certaines régions européennes (ex. Belgique, Pays-Bas) (European Environment Agency, 2020).

### Impact du compostage sur l'environnement et la santé

Les gaz émis lors de la production de compostage sont dus principalement à la biodégradation de la matière organique par les microorganismes. Il s'agit principalement du **CO<sub>2</sub>** et de la **vapeur d'eau**. Certains gaz peuvent avoir des effets non négligeables sur l'environnement et la santé. Il s'agit du **protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)** et de **méthane (CH<sub>4</sub>)** qui peuvent avoir un impact sur l'effet de serre. Lorsque le compost est utilisé comme amendement du sol, la matière organique restante dans le compost est relativement stable et la dégradation est plutôt lente. Dans le cas où le compost remplace d'autres engrais, cela peut conduire à une réduction des émissions de gaz à effet de serre en évitant la production d'engrais. L'utilisation du compost comme engrais organique peut, dans une certaine mesure, réduire les émissions de **N<sub>2</sub>O** associées à l'utilisation d'engrais minéraux. Cependant, cela n'a pas été quantifié jusqu'à maintenant (Saveyn et Eder, 2014). L'**ammoniac (NH<sub>3</sub>)** engendre l'acidification et l'eutrophisation des milieux. Des **composés soufrés et organiques volatils** peuvent provoquer des odeurs et des troubles de la santé. L'ADEME affirmait en 2015 que plus de la moitié des installations de compostage était concernées par des problèmes d'odeurs. C'est principalement le cas pour les installations de grandes capacités (> 20 000 t/an) et celles accueillant les biodéchets des ménages. Toutefois, le contrôle de 5 paramètres permet de limiter ces nuisances. La porosité doit se situer entre 30 et 40 %. Le rapport carbone/azote (C/N) doit être d'environ 30. Une aération naturelle ou forcée est nécessaire pour apporter les besoins en oxygène des microorganismes aérobies. L'humidité doit être d'environ 60 % au début de la fermentation. La température est le dernier paramètre à contrôler. Des systèmes préventifs (retournement des andains en fonction du vent, aération pilotée par la température ou l'oxygène) et palliatifs (produits masquants, couverture des andains) sont parfois utilisés pour faire face aux problèmes olfactifs (ADEME, 2015).

Comme vu précédemment, un compost mal hygiénisé peut contenir différents types d'agents pathogènes tels que les champignons et parasites ou des mauvaises herbes et des propagules végétales viables qui favorisent la croissance des mauvaises herbes lorsqu'elles sont répandues sur le sol. Lorsque les agents pathogènes se retrouvent dans le sol, ils peuvent infecter les animaux, les plantes ou les humains et poser de graves problèmes de santé et de lutte contre les maladies des plantes (Saveyn et Eder, 2014).

Les effluents liquides produits lors du compostage des biodéchets doivent être gérés puis traités pour éviter les impacts sur l'environnement. Les bassins pour les eaux pluviales varient entre 0,36 et 0,49 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Les eaux de ruissellement sont traitées via un traitement primaire (déboureur / déshuileur, dégrilleur, bassin de décantation ou de stockage) pour décanter les matières en suspension et via un traitement secondaire qui permet de dégrader la pollution organique des effluents collectés et ou les stocker (2<sup>ème</sup> bassin en cascade, lagune aérée, lits plantés de roseaux). Le volume de ces bassins est compris entre 0,06 et 0,10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de surface utile. Les eaux de process sont utilisées de différentes manières. Elles sont utilisées pour l'arrosage. C'est le mode de gestion le plus utilisé, notamment pour les unités de compostage des déchets verts et biodéchets ménagers. Les eaux peuvent être évacuées vers le réseau d'assainissement. Cela concerne principalement les grandes installations et les unités de compostage de boues. Elles peuvent aussi être envoyées vers le milieu naturel. Dans ce cas, un traitement poussé est nécessaire (présence d'un traitement secondaire). L'épandage est la dernière solution. Elle est très peu pratiquée. Elle est principalement utilisée par les installations de traitement de boues d'épuration. Le stockage et le traitement des effluents engendrent des sédiments qui se déposent en fond de bassin. Ils doivent être enlevés une à deux fois par an (ADEME, 2015).

Un revêtement doit recouvrir le sol des unités de compostage afin d'éviter la contamination de la nappe phréatique. Les installations agricoles peuvent composter sur un sol nu non stabilisé à condition de ne pas dépasser 10 mois de compostage. Pendant le compostage, les pertes en éléments minéraux pouvant atteindre le sous-sol sont très faibles. Les pertes en potassium n'ont pas d'effet notable sur l'environnement. Les pertes en azote se font par voie gazeuse et celles de phosphore se font par l'entraînement direct de particules de compost dans le milieu (ADEME, 2015).

### Enjeux sur la vie et la pollution du sol

Le compost a des effets à long terme sur les propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol. Les manières dont le compost peut affecter le sol sont complexes, mais il est admis que le compost présente un effet positif sur la fertilité du sol à long terme, à condition que la qualité du compost soit satisfaisante et que les bonnes pratiques agricoles soient suivies. L'humus produit à partir du compost **augmente la présence de matière organique** dans le sol et **stocke une partie du carbone** de la biomasse contenu dans le compost dans le sol pendant de plus longues périodes. Le compost permet une **réduction de l'érosion des sols**, de **lutter contre les maladies des plantes** et donc de réduire l'utilisation de produits phytosanitaires. La structure du sol est améliorée, ce qui réduit la nécessité de le travailler avec des machines. L'utilisation de compost sur de longues périodes et une utilisation moins importante d'engrais minéraux **réduisent le lessivage des nitrates**. La rétention d'eau est également améliorée, ce qui réduit le besoin en irrigation et réduit les risques d'inondation (Saveyn et Eder, 2014).

En revanche, lorsque le compost est appliqué au sol, son contenu chimique est transféré à la terre. Les métaux lourds et les polluants organiques peuvent alors être transférés. Les **métaux lourds** peuvent être directement toxiques pour les plantes ou transmis à l'homme par la chaîne alimentaire. C'est pourquoi la teneur en métaux lourds est réglementée par la norme NF U 44-051 (amendement organique).

Peu d'informations sont connues sur le contenu, le devenir et les effets des **polluants organiques** présents dans le compost. Ils peuvent être issus des intrants ou être générés lors du processus de compostage. Les polluants organiques persistants sont à peine éliminés lors du compostage. Des études ont montré qu'une accumulation de ces polluants pouvait se faire sur le long terme, avec des concentrations qui restent toutefois relativement faibles (Saveyn et Eder, 2014).

Les effets à long terme des **particules indésirables** présentes dans le compost (ex. plastique) sont peu connus. Ces particules peuvent être réduites en taille par les intempéries et les opérations physiques des terres. Elles peuvent ensuite être ingérées par la faune du sol. Les microparticules alors créées se retrouvent dans la chaîne alimentaire (Saveyn et Eder, 2014).

Des **particules** sont également émises lors de la manipulation du compost (déplacement, retournement, criblage, etc.). Ces particules transportent souvent des microorganismes et des molécules biologiques ayant des effets sur la santé. Cependant, peu d'informations sont connues sur les effets des expositions par les travailleurs et la population (ADEME, 2015).

## **Enjeu de l'adaptation des pratiques agricoles**

Les développements récents de la valorisation des biodéchets urbains contribuent à créer de nouvelles interactions entre les agriculteurs et les acteurs publics (Jarousseau et al., 2016). Ces transformations impactent les agriculteurs dans leurs pratiques, et sont porteurs d'enjeux sociaux et économiques.

En termes de gestion de la fertilisation, l'utilisation de composts de biodéchets n'est pas aussi aisée que celle d'engrais chimiques : elle implique souvent un temps de travail supplémentaire, des connaissances ainsi que du matériel spécifique (épandeur, camion benne) (Gabriel, 2021).

Les interactions entre agriculteurs et acteurs de la gestion des biodéchets ne se font pas toujours sans difficultés : une grande hétérogénéité de situations existe. Si dans certains cas, les composts de biodéchets sont effectivement valorisés comme un produit commercial et vendus aux agriculteurs, dans de nombreux cas les collectivités rencontrent des difficultés pour valoriser économiquement leurs composts (Joncoux, 2013). Dans les faits, le compost de biodéchets est parfois perçu avec méfiance par les agriculteurs, en raison notamment des indésirables qu'il peut éventuellement contenir. A l'inverse, l'effet fertilisant et/ou amendant n'est pas toujours bien connu.

De manière plus générale, il a été montré qu'au-delà des critères purement techniques d'optimisation et des arguments commerciaux, l'opinion (et notamment les rumeurs), mais aussi les traditions, les croyances jouent un rôle essentiel dans les choix de gestion effectués par les agriculteurs : et ceci aussi bien dans le sens d'un usage renforcé des composts, ou au contraire de leur rejet (Gabriel, 2021).

## **4.4. Enjeux de la méthanisation**

### **4.4.1. Enjeux vis-à-vis des intrants**

#### **Qualité des intrants et impact sur le process**

Similairement au compostage, la qualité des intrants envoyés en méthanisation impacte à la fois le procédé de dégradation et la qualité des sortants, biogaz et digestat.

La qualité des intrants est un enjeu majeur puisque que la composition impacte directement l'environnement réactionnel des microorganismes et donc les performances du procédé (cinétique et stœchiométrique). A titre d'exemple, la composition peut privilégier certaines voies métaboliques plus que d'autres et donc impacter la composition en méthane dans le biogaz produit. Des déchets riches en protéines peuvent tendre à augmenter la teneur en azote dans le milieu et provoquer l'inhibition partielle ou totale de certaines étapes réactionnelles... Le pH et le FOS/TAC (AGV totaux et alcalinité) sont ainsi des paramètres qui sont suivis en continu ou de manière très régulière de manière à limiter un impact majeur de l'approvisionnement sur le milieu réactionnel.

La siccité ou taux de matière sèche des déchets à traiter est un facteur clé pour le choix du procédé de méthanisation. Certains constructeurs tendent à adapter le gisement à leur technologie alors qu'il faudrait adapter le choix de la technologie aux caractéristiques des gisements à traiter. Concernant les biodéchets, leur siccité est comprise entre 10 et 20 % de matière sèche. Des procédés en voie humide ou en voie sèche de type piston peuvent donc facilement être envisagés.

L'approvisionnement doit être préparé en cohérence avec les caractéristiques de fonctionnement du procédés et les caractéristiques des équipements de transfert (ex. pompe avec une siccité requise comprise entre 10 et 12%). L'enjeu est donc de mettre en œuvre des procédés en cohérence avec les gisements qui ont été identifiés et qui sont à traiter.

La charge organique appliquée correspond au flux de matière organique journalier envoyé au réacteur et que la quantité de microorganismes (biomasse active) devra être capable de traiter. Ce paramètre est exprimé en quantité de matière organique (DCO si liquide, MO ou MV si solide) par unité de volume de digesteur et par unité de temps. Ce paramètre est différent selon le procédé mis en œuvre qui ne présente pas la même capacité de traitement par volume (conditionné par la teneur en microorganismes maintenue dans le réacteur) et la qualité de la matière organique (conditionnée par sa composition et son accessibilité). La charge organique est un paramètre dimensionnant. La maîtrise de ce paramètre en phase d'exploitation est critique pour la stabilité du procédé biologique : une charge organique trop importante peut provoquer une accumulation d'acides (Acides Gras Volatiles : AGV) dans le digesteur et un arrêt de la réaction ; à l'inverse, une charge trop faible ne permettra pas aux bactéries de se développer correctement ce qui peut mener à une perte de capacité de traitement du fait d'une diminution de la part de biomasse active dans le digesteur (plus de mortalité que de décès).

La charge organique appliquée est directement liée à la quantité de matière amenée au digesteur (débit journalier) et à la teneur en matière sèche et en matière organique de l’approvisionnement. Or, la siccité n’est pas un paramètre qui se mesure en ligne. Une bonne connaissance des gisements et de leur variabilité ainsi qu’une maîtrise des quantités à traiter sont des éléments primordiaux pour maîtriser les conditions d’approvisionnement et donc d’exploitation.

Les déchets à traiter constituent l’alimentation des microorganismes actifs. L’approvisionnement doit permettre d’apporter l’ensemble des éléments nécessaires à leur croissance : CHONPS et nutriments divers. Une attention particulière est faite dans le cas d’une méthanisation de déchets alimentaires qui pourrait tendre à des carences. Par ailleurs, une teneur élevée en sucre peut induire une acidification rapide du milieu réactionnel et donc à une diminution des cinétiques réactionnelles voire un arrêt du procédé.

Pour éviter de déstabiliser la biologie des digesteurs, la plupart des exploitants tendent à stabiliser les modalités d’approvisionnement en termes de qualité et de quantité. Les paramètres ne pouvant être suivi en ligne, une variabilité de l’approvisionnement de 10 à 20 % au maximum est fixée de manière empirique.

Outre la qualité de la matière organique, le potentiel méthanogène (PBM ou BMP en anglais) est un paramètre fondamental régulant l’intérêt de méthaniser un type de déchet, en définissant la quantité de biogaz pouvant être produit. Les caractéristiques des intrants peuvent également impacter la qualité du biogaz.

**Tableau 6. Caractéristiques du substrat impactant la méthanisation (RECORD, 2015b).**

Impact sur	Caractéristiques	
<b>Technologie de méthanisation</b>	Pour un substrat liquide : MES Charge organique (DCO / m <sup>3</sup> /jour) pH	Pour un substrat solide : Teneur en eau Charge organique (kg/MO/ m <sup>3</sup> /jour) Granulométrie / présence d’éléments encombrants
<b>Procédé de méthanisation</b>	Qualification de la MO C/N (10 < C/N < 30) Matières solubles / lignocellulosiques Teneur en sucres, protéines et graisses Inhibiteurs de la méthanisation : Oxygène Ammoniac Sels (chlorure de sodium, sulfures) Métaux lourds (cuivre, chrome, nickel) Antibiotiques, les substances de désinfection, cyanures	
<b>Quantité de biogaz produit / rendement de l’installation</b>	MS, MO BMP	
<b>Qualité du biogaz</b>	Teneur en soufre Teneur en Silicium organique (silicones, siloxanes) Azote ammoniacal	
<b>Qualité des digestats</b>	Valeur agronomique /Matières fertilisantes : Teneur en azote total et ammoniacal Teneur en phosphore Teneur en potassium Matières minérales Innocuité Inertes et impuretés : plastiques, verre... Éléments Traces Métalliques (ETM) Composés Traces Organiques (CTO) Critères microbiologiques	

Comme pour le compost, la pollution par le plastique doit être évitée au maximum. Un déconditionneur est situé généralement avant le digesteur pour séparer principalement la matière organique des emballages dans lesquels elle se trouve.

Comme évoqué précédemment, l'utilisation de sous-produits animaux et produits dérivés est réglementée. Les unités de méthanisation accueillant des déchets alimentaires (SPAN3) doivent être agréées, sauf en cas de dérogation. (ATEE, s.d.).

### **Importance de l'absence de contaminants**

Tout élément non biodégradable et non extrait par le procédé se retrouvera dans le digestat, en sortie de procédé. La présence de contaminants (plastique, verre ou chimique) doit par conséquent être limitée. La méthanisation tend à concentrer les éléments contaminants (perte de MO biodégradable au cours du processus). Néanmoins, ces éléments polluants se retrouveront au niveau du sol lors de l'épandage du digestat. Il convient donc d'être particulièrement vigilant à la qualité des biodéchets qui sont réceptionnés et qui entrent dans le procédé de méthanisation.

### **Complémentarité entre divers types de biodéchets**

Le type de biodéchets utilisés présente une incidence sur le bon déroulement de la dégradation et sur la qualité des produits sortants. En méthanisation, les apports de biodéchets ont tendance à faire diminuer les teneurs en éléments fertilisants présents dans les digestats à base de déjections animales (ADEME, 2015). Les biodéchets de l'industrie agro-alimentaire ou les biodéchets municipaux augmentent cependant la production de méthane.

Le mélanger de déjections animales et de biodéchets peut ainsi s'avérer pertinent, puisque les biodéchets améliorent le potentiel méthanogène global et lissent le risque d'excès d'azote (déjections riches en azote contrairement aux biodéchets).

Le caractère fermentescible des biodéchets peut pénaliser la digestion en raison de la production rapide d'AGV et du risque d'acidose. Ces déchets présentent également un ratio C/N relativement faible, ce qui peut générer des concentrations élevées en ammonium qui peuvent aussi être problématiques.

### **Importance de l'approvisionnement**

L'approvisionnement est un enjeu majeur, qui peut être fragilisé en raison de la concurrence croissante entre unités. En effet, une installation fonctionnant en dessous des prescriptions du constructeur provoque une baisse de performance et peut avoir de grandes conséquences économiques (RECORD, 2015b). Le dimensionnement d'une unité de méthanisation doit donc prendre en considération les différentes sources d'approvisionnement existantes et la constance de ces approvisionnements doit être sécurisée.

Le porteur de projet d'une unité de méthanisation choisit ses intrants selon trois critères principaux (ATEE Club Biogaz, 2014) :

- leur proximité et leur coût logistique car l'approvisionnement en matières premières est un poste majeur dans le coût de production de l'énergie ;
- leur capacité à produire une certaine quantité de biogaz ;
- l'absence de valorisation concurrente. Les matières déjà valorisées dans une autre filière ne sont généralement pas attractives pour la filière méthanisation en raison des coûts d'appropriation.

Concernant l'approvisionnement des unités territoriales, la Direction du Développement Durable du Conseil régional d'Aquitaine considère que 90 % du gisement au minimum doit être issu d'un rayon d'approvisionnement maximal de 50 km (ATEE, 2015). Par ailleurs, l'unité ne doit pas dépendre d'un seul apport extérieur (pas de contributeur à plus de 50 % du gisement) et sécuriser ces approvisionnements extérieurs avec des contrats de long terme et/ou une intervention au capital des producteurs de déchets par exemple. Pour cela, des études de gisement doivent être réalisées en amont du dimensionnement, avec identification, quantification et géolocalisation. Ces informations doivent par ailleurs être croisées avec les potentiels d'injection dans les réseaux de gaz et d'électricité.

### **Effets de concurrence pour l'usage des co-produits**

Le développement de la méthanisation se traduit par une concurrence croissante avec l'élevage pour les co-produits agricoles (par ex. les pailles pour les litières des animaux) ou de l'industrie agro-alimentaire (issues de céréales valorisées en alimentation animale), qui contribue à mettre les filières alimentaires sous tension. Par ailleurs, elle entraîne dans certaines situations une spéculation sur le foncier agricole, par exemple dans le contexte Allemand (Rouillé et al. 2015) En France, les cultures dédiées à la méthanisation restent minoritaires, loin du seuil réglementaire de 15 % fixé en 2016 (5 % en 2020, d'après l'ADEME).

Selon un rapport du Sénat, « le risque d'un accaparement massif des surfaces à vocation alimentaire semble donc aujourd'hui limité, mais une vigilance s'impose dans un contexte de densification du nombre d'unités de méthanisation » (Rapport d'information au Sénat, 2021).

Néanmoins, la faible flexibilité des méthaniseurs dans leurs besoins d'intrants se révèle problématique dans des situations de variabilité climatique accrue : par exemple, la sécheresse subie par l'Allemagne en 2018 a entraîné une diminution de la production de paille sur son territoire. Des cas d'augmentation d'importations, ont pu être identifiés, notamment dans la Drôme (Gabriel, 2021).

La méthanisation des biodéchets, si elle représente aujourd'hui une part minoritaire des intrants des méthaniseurs, pourrait participer à limiter les concurrences d'usage des sous-produits des industries agro-alimentaires (Solagro, 2021).

#### 4.4.2. Enjeux vis-à-vis des process

##### Structure et échelle des installations

Différents types d'unités de méthanisation peuvent exister. L'ADEME (Sinoe®) dénombre en 2019 :

- 530 unités de méthanisation à la ferme
- 79 unités territoriales (ou méthanisation centralisée)
- 75 unités de méthanisation de boues de STEP
- 104 Unités de méthanisation industrielles.
- 14 unités de méthanisation de DMA

Parmi ces unités, seules 43 sont référencées comme ayant l'agrément sanitaire SPAN C3.

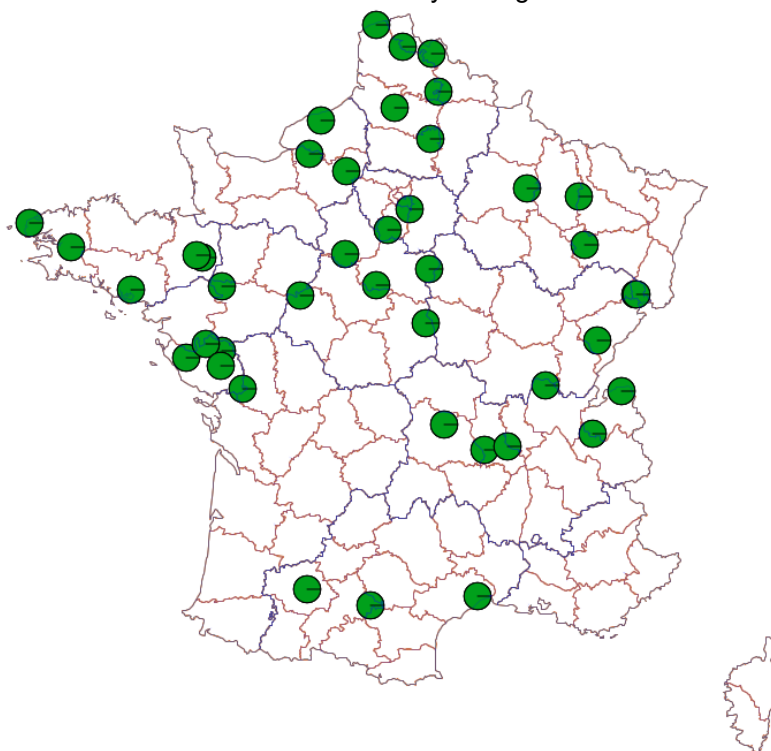


Figure 16. Unités de méthanisation avec l'agrément SPAN C3 (Sinoe®, 2019).

La **méthanisation à la ferme** se développe rapidement : 507 installations étaient présentes en 2018 et l'ADEME estime que la France comptera 1 000 installations en 2023. Ces installations permettent de valoriser les effluents d'élevage tout en produisant de l'énergie et des fertilisants (ADEME, 2019). Elles sont soit rattachées à une exploitation agricole ou à une activité valorisant en majorité des flux agricoles provenant d'une seule installation agricole. Plusieurs installations et procédés existent, ce qui permet de rendre ce type de valorisation accessible à de petites exploitations agricoles (RECORD, 2015). La majorité des installations agricoles ont une puissance comprise entre 100 et 300 kW. A noter toutefois le développement de la micro-méthanisation à la ferme (installation de moins de 70 kilowatt électrique),

qui permet aux agriculteurs de produire leur propre électricité et de la chaleur, à partir d'installations nécessitant moins d'investissement et avec de faibles capacités de traitement.

La méthanisation à la ferme est réputée augmenter la rentabilité économique des exploitations agricoles. Une étude du CNRS publiée en 2019 interroge l'évolution de la rentabilité de l'activité de méthanisation. Les auteurs soulignent que cette « filière connaît actuellement une logique d'industrialisation et d'extension – au sens d'une augmentation du nombre de segments et donc d'acteurs. Cette dynamique se traduit par une plus grande difficulté, pour certains agriculteurs, à dégager un revenu de cette activité non agricole, en particulier pour ceux situés en amont de la filière et qui n'ont pas réussi à internaliser au maximum les différentes étapes du processus de production. Il n'est pas certain que les agriculteurs, à terme, parviennent à être des acteurs dominants de la méthanisation et à en dégager un revenu significatif, quelles que soient leurs spécificités » (Grouiez, 2021).

Les unités de **méthanisation territoriales** (ou centralisées) commencent à partir de 1 mégawatt électrique (ADEME, 2019). Ce sont des installations sur lesquelles plusieurs acteurs mettent en commun leurs compétences et leurs ressources. Il s'agit par exemple d'agriculteurs, d'entreprise et de collectivités. L'installation est portée par un développeur / exploitant ou par une association d'agriculteurs. Les intrants sont majoritairement des déchets agricoles et des déchets issus des industries agroalimentaires. Ils sont collectés dans un rayon de 10 à 15 km pour les déjections d'élevage et jusqu'à plus de 50 km pour les déchets d'entreprises. La méthanisation centralisée permet de faire une économie d'échelle et d'améliorer la rentabilité économique.

La micro-méthanisation en ville commence seulement à se développer. Des entreprises et des villes l'utilisent pour valoriser leurs biodéchets. Plusieurs écoquartiers de Grande-Bretagne ont installé le micro-méthaniseur HomeBiogas 2.0. Ce process est vendu dans plus de 90 pays. Il peut contenir jusqu'à 36 litres de fumier et jusqu' à 12 litres de déchets de cuisine. L'entreprise Homebiogas a développé un micro-méthaniseur à usage domestique permettant de valoriser jusqu'à 6 litres de déchets alimentaires par jour. Le biogaz produit peut ensuite être utilisé pour la cuisson, le chauffage ou l'éclairage. Le micro-méthaniseur de Mygug est proposé dans des tailles et des capacités diverses, à partir de 500 kg/an de déchets alimentaires (Lemonde, 2020).

#### **Procédés de méthanisation : voies sèche et humide**

Plusieurs procédés de méthanisation existent et peuvent être utilisés pour valoriser les biodéchets. Ils sont différenciables par plusieurs critères, dont la teneur en eau (procédés humides ou secs), la température de fonctionnement (mésophile (35-45°C) ou thermophile (55-65°C)), le mode d'alimentation et l'agitation.

Les procédés en **voie humide** sont conseillés pour une teneur en matière sèche de 10 à 15 %, c'est-à-dire pour les déchets plutôt liquides. Les intrants sont préalablement mélangés dans un réacteur pour avoir la consistance souhaitée pour la méthanisation. Un traitement mécanique et/ou thermique peut également être appliqué (Buffière et al., 2007). Une fois introduits dans le digesteur, les intrants sont brassés durant le temps de digestion. Lorsque c'est terminé, le digestat, suffisamment liquide, est évacué puis généralement épandu sur des sols agricoles.

La méthanisation par **voie sèche** se distingue par une teneur en matière sèche du milieu de fermentation allant de 20 à 40 % (milieu pâteux). Aucun ajout d'eau n'est apporté aux intrants. Ce type de méthanisation fonctionne en principalement en continu (réacteurs piston), c'est-à-dire que les intrants introduits poussent la matière sortante dans le digesteur. Les intrants sont brassés puis une séparation des phases solide et liquide est réalisée. Le digestat solide peut être composté pour valorisation en amendement et le digestat liquide valorisé en engrais. La complémentarité avec le compostage sur site permet la maturation du compostage mais aussi de composter les déchets ligneux mal adaptés à la méthanisation. Ce procédé par voie sèche est présenté comme une technologie plus simple, nécessitant moins de prétraitement (broyage grossier des intrants) et consommant moins d'énergie.

**Tableau 7. Comparaison des procédés de méthanisation par voie sèche et humide (Deublin et Steinhauser, 2012).**

Voie humide		Voie sèche	
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
<b>Intrants</b>			
Large gamme de substrats utilisables			Mélange parfois difficile
Application plus facile aux substrats pâteux	Séparation de phase potentielle	Adaptation aux déchets fortement fibreux	Ensemencement obligatoire
<b>Procédé</b>			
Régulation plus facile		Technologie robuste	Coût plus élevé
Echanges thermiques facilités		Unités de traitement compactes	
<b>Produits</b>			
Résidu moins riche en sels (dilués en phase aqueuse)			Gestion des digestats solides
	Consommation énergétique (30-45 % de l'énergie produite)	Faible consommation énergétique (< 15 % de l'énergie produite)	
	Odeurs plus importantes	Plus de gaz produit et de meilleure qualité	Dégazage lent

La température de fonctionnement du méthaniseur a une influence sur la cinétique des réactions. Effectivement, la température augmente la vitesse de dégradation et améliore la formation de méthane. Le temps de séjour en milieu **mésophile** (35 °C) est donc plus important que celui en milieu thermophile. Les procédés thermophiles sont ainsi plus compacts pour une même quantité de déchets à traiter. De plus, la méthanisation en milieu **thermophile (55°C)** permet d'éliminer davantage de germes pathogènes ; ce procédé n'est toutefois pas considéré comme une hygiénisation. Elle améliore également la fluidité des lipides. En revanche, elle est plus fragile vis-à-vis des inhibiteurs (principalement l'azote et l'ammonium) et nécessite un apport d'énergie pour le maintien à haute température. Ce procédé peut être pertinent dans le cas d'une méthanisation de déchets ayant subi une hygiénisation en amont et qui sont par conséquent déjà à 70°C. L'apport énergétique peut également provenir du biogaz produit. Le régime thermophile tend à se développer le plus en Europe (Buffière et al., 2007).

Alors que certains substrats, homogènes et exempts d'impuretés (tels que les lisiers ou certains effluents industriels) peuvent être introduits directement, des opérations préalables peuvent être requises avant l'introduction dans les digesteurs de certains déchets. Ces prétraitements dépendent également du type de procédé. Les déchets solides hétérogènes (cas des biodéchets notamment) peuvent faire l'objet de tri pour séparer les indésirables (plastiques, magnétiques, inertes...).

### Enjeu de l'hygiénisation des digestats

L'hygiénisation des intrants dépend du temps de séjour et de la température de réaction. Dans le cas d'une méthanisation mésophile ou d'un temps de séjour trop court, une stabilisation du digestat à 70 °C pendant 2 heures, un compostage hygiénisant ou un autre traitement hygiénisant (ex. chaulage) est nécessaire (ADEME, 2015). En effet, la méthanisation mésophile réduit significativement la quantité de **germes** les plus sensibles tels qu'*E. Coli* mais pas les germes plus résistants comme *C. Perfringers*. La méthanisation thermophile a un effet plus important sur l'abattement d'agents pathogènes, mais ne garantit pas une absence totale de pathogène dans le digestat. Il est alors possible d'utiliser la chaleur produite par valorisation du biogaz pour l'hygiénisation de certains déchets (avant méthanisation) ou du digestat (après méthanisation) (ADEME, 2015).

La procédure d'hygiénisation impose des déchets avec une taille de particules < 12 mm donc le broyage est obligatoire dans certains cas. Il permet aussi de faciliter l'accessibilité entre la matière à dégrader (substrat) et les microorganismes qui dégradent la matière organique biodégradable.

L'agitation est un paramètre majeur pour que le procédé fonctionne correctement. La méthanisation est un procédé qui se fait en plusieurs étapes et dont chacune est conditionnée par des critères de pH, de teneur en substrat intermédiaires. Un mauvais mélange peut conduire à des conditions inhibitrices localement ou à une mauvaise mise en contact entre substrat et biomasse active (microorganismes).

Plusieurs systèmes d'agitation peuvent être mis en œuvre (mécanique, pneumatique). Le choix doit se faire en cohérence avec la rhéologie du milieu réactionnel. A titre d'exemple, la recirculation de biogaz sous pression pour agiter le milieu ne sera pas forcément la plus appropriée pour un milieu pâteux.

Différents types de procédés peuvent être employés : tri gravimétrique, granulométrie, magnétique, etc... Les déchets solides peuvent également être broyés et homogénéisés. Le broyage permet notamment d'attaquer les fibres ligno-cellulosiques pour rendre la cellulose accessible aux bactéries. Enfin, il est possible de mettre les déchets solides en solution par pulpage, si l'on envisage un procédé par voie liquide.

#### **Enjeux des émissions et des odeurs**

Les **émissions** provenant de la digestion anaérobie sont faibles par rapport à d'autres options d'élimination des déchets. L'**azote** qui est principalement sous forme ammoniacale a des effets sur l'environnement. En effet, des émissions d'ammoniac peuvent être assez importantes lors de l'épandage du digestat. L'incorporation immédiate dans le sol permet de limiter cette volatilisation (ADEME, 2015). De plus, l'absorption par les plantes varie suivant les saisons. Cela peut entraîner un lessivage des nutriments et le ruissellement dans les eaux souterraines et de surface. D'après une étude effectuée dans le cadre du Programme d'évaluation technologique du gouvernement canadien, la quantité d'azote lessivée dans les eaux de drainage est doublée dans le cadre d'un épandage de digestat en automne par rapport à celui du lisier brut. Le digestat doit être adapté aux besoins nutritifs des cultures pour minimiser les phénomènes de lessivage et de ruissellement (Saveyn et Eder, 2014). Néanmoins, l'apport en azote se substitue à celui des engrais minéraux qui sont énergivores en ressources fossiles (ADEME, 2015).

Les **odeurs** provenant d'une installation de méthanisation sont contrôlées. Le transport des biodéchets est effectué dans des camions étanches. Le chargement et le déchargement se font des hangars fermés et étanches. De plus, les émissions des composés malodorants, tels que les acides gras et l'hydrogène sulfuré, lors du stockage des déchets et lors de l'épandage du digestat sont inférieures à celles des déchets non méthanisés parce que la matière organique émettrice d'odeur est dégradée lors de la méthanisation (ADEME, 2015). Le biogaz contient tout de même entre 0 et 0,5 % de **sulfure d'hydrogène** ( $H_2S$ ) avant d'être épuré. L' $H_2S$  peut être émis au niveau de la préfosse de stockage des intrants en cas de mélange non contrôlé de certaines matières et au niveau du local technique et des canalisations. Le biogaz doit être obligatoirement épuré, car l' $H_2S$  est corrosif pour les moteurs. Des valeurs seuils d' $H_2S$  sont fixées dans le biogaz en sortie d'installation (ADEME, 2015).

Le transport des déchets et du substrat ainsi que le fonctionnement des moteurs de cogénération peuvent émettre du **bruit**. Les véhicules, les engins et le matériel utilisés sont réglementés en termes d'émissions sonores, ainsi que les moteurs de cogénération (ADEME, 2015).

### **4.4.3. Enjeux vis-à-vis de la valorisation des sortants : le biogaz**

#### **Avantages et inconvénients des différentes voies de valorisation du biogaz**

Le biogaz produit est un mélange gazeux saturé en eau. Il est composé d'environ 50 à 70 % de méthane ( $CH_4$ ), 20 à 50 % de  $CO_2$  et d'autres gaz en très faibles quantités ( $NH_3$ ,  $N_2$ ,  $H_2S$ ). Il a un pouvoir calorifique inférieur (PCI) de 5 à 7 kWh/NM<sup>3</sup>. Ce biogaz peut être valorisé sous différentes formes. Le stockage du biogaz est réglementé. Selon la nomenclature ICPE, les installations ayant un stockage entre 1 et 10 tonnes sont soumises à déclaration et celles supérieures à 10 tonnes sont soumises à autorisation (ADEME, 2015).

Le biogaz peut être valorisé en **électricité**. Il est brûlé et l'énergie produite alimente un générateur qui produit ainsi de l'électricité (IFP énergies nouvelles, 2018).

Il peut également être utilisé pour produire de la **chaleur**. C'est le mode de valorisation le plus simple et le moins coûteux (CEREMA, 2018). Le biogaz est brûlé dans une chaudière. Un quart des installations utilise cette technologie. Ce mode de valorisation nécessite que la chaudière soit installée au plus près des équipements à chauffer pour limiter les pertes thermiques (IFP énergies nouvelles, 2018). De plus, la saisonnalité des besoins peut être un frein à ce mode de valorisation lorsqu'il est utilisé pour chauffer des habitations car la demande n'est pas constante tout au long de l'année. La

chaleur peut toutefois être utilisée pour les besoins du site. Enfin, le tarif de rachat de la chaleur n'est pas encore encadré (CEREMA, 2020).

La **cogénération**, qui combine la production d'électricité et de chaleur, est le mode de valorisation le plus utilisé en méthanisation (65 % des installations dont 90 % provenant de sites agricoles) (CEREMA, 2018). La digestion anaérobie s'est initialement beaucoup développée sur ce mode de valorisation, en l'absence de tarif de rachat et sans possibilité d'injecter sur le réseau de gaz naturel.

L'**injection du biogaz directement dans le réseau de gaz naturel** se développe aujourd'hui grâce à l'évolution de la réglementation et des tarifs. Ce mode de valorisation est intéressant car l'ensemble du biométhane produit est valorisé. En revanche, l'installation doit être implantée à proximité du réseau pour éviter des coûts de raccordement trop élevés (CEREMA, 2018). L'injection nécessite également que le gaz soit épuré. Il existe deux possibilités pour injecter le biométhane. Il est soit injecté dans un réseau de distribution pour alimenter les bâtiments ou soit injecté dans le réseau de transports. Dans le deuxième cas, la capacité d'absorption du biogaz sur l'ensemble de l'année est plus importante (CEREMA, 2018). L'injection du biogaz sur le réseau est plus utilisée en Suède, en Allemagne, en Suisse et aux Pays-Bas (IFP énergies nouvelles, 2018). En mars 2021, 226 sites injectaient du biogaz en France. Cela représente une production de 4 096 GWh/an. Ces sites sont principalement des installations agricoles. Seules quelques unités utilisent les biodéchets municipaux comme intrants mais cette filière est en développement. D'après GRDF, 633 projets sont en émergence et 1 007 projets sont inscrits dans le registre des capacités identifiées au 1<sup>er</sup> octobre 2019 (GRDF, 2021).

La valorisation du biogaz en **carburant** est notamment intéressante d'un point de vue environnemental. En effet, le biocarburant produit peut remplacer une partie du pétrole, qui émet des gaz à effet de serre et des particules fines. Le biocarburant est quant à lui peu émetteur. Le biogaz doit préalablement être épuré puis compressé avant d'être utilisé comme carburant. Il est quasiment identique au gaz naturel pour les véhicules (GNV). Ce type de valorisation est encore peu développé en France et est principalement utilisé pour les flottes captives (ex. transport urbain) (IFP énergies nouvelles, 2018).

## Evolution des tarifs d'achat et de soutien

### *Biométhane*

#### *Injection réseau*

Un mécanisme de soutien pour le biométhane injecté avait été initié par l'arrêté du 23 novembre 2011, à travers un tarif d'achat pour l'injection sur site dans les réseaux de gaz naturel. Ce tarif d'achat était calculé à partir d'un tarif de base (compris entre 64 et 95 €/MWh en fonction de la capacité maximale de production) auquel une prime est ajoutée, fonction de la nature des intrants et de la capacité maximale de production.

L'Arrêté du 23 novembre 2020 fixe de nouvelles conditions d'achat du biométhane injecté dans les réseaux de gaz. En particulier, le soutien est supprimé pour les unités produisant plus de 300 Nm<sup>3</sup>/h (> 25 GWh/an). Toutefois, un décret en cours de rédaction vise à proposer un mécanisme de soutien par appel d'offres pour ces unités. Pour les autres installations (< 25 GWh/an), le tarif d'achat est garanti sur 15 ans avec un tarif de base (86 à 122 €/MWh PCS) et des primes aux effluents (maximum 10 €/MWh PCS pour 60 % d'effluents d'élevage ou primes « eaux usées » dans le cas des installations traitant des matières issues du traitement des eaux usées hors IAA + primes pour les installations injectant sur un réseau de distribution de moins de 100 000 clients).

Par ailleurs, des mesures favorisant le raccordement et l'injection sont disponibles, avec la prise en charge de 40 % des coûts de raccordement au réseau de distribution et de transport (plafond fixé à 400 000 € pour le transport).

### *BioGNV*

Le biogNV ne dispose pas de tarif de soutien garanti. Un mécanisme de soutien est toutefois prévu par appels à projets (un décret est en cours de rédaction).

De manière générale, une station possédant une pompe de bio GNV possède un contrat de fourniture garantissant l'origine du bio GNV par le fournisseur d'énergie. Le tarif moyen de vente du GNV en France correspond à 0,70 – 0,75 €/L et celui du bio GNV à 0,80 – 0,85 €/L.

Le Bio GNV bénéficie d'une image positive grâce à une empreinte écologique réduite (diminution de l'émission en CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et particules fines). Son utilisation permet de contribuer à l'atteinte de l'objectif d'utilisation de 10 % d'énergies renouvelables dans le secteur des transports en 2020 et de 15 % en 2030 (LTECV). Toutefois, encore très peu de véhicules fonctionnent au GNV.

Le biogaz issu de la méthanisation doit, par sécurité, passer par un réseau de gaz. L'utilisation directe sous forme de biocarburant n'est pas possible étant donné qu'un méthaniseur fonctionne en continu et a par conséquent besoin d'un exutoire fonctionnant lui aussi en continu (une station de gaz ne fonctionne pas en continu, par exemple la nuit).

### *Tout biométhane*

Un mécanisme complémentaire de soutien à la production de biométhane a été adopté dans la Loi Climat Résilience (juillet 2021), les modalités d'application sont en cours de définition. Cela vise la mise en œuvre de certificats de production de biométhane ou certificats verts. Ce dispositif de financement extra-budgétaire vise à imposer aux fournisseurs d'énergie de contribuer au financement de la production de biométhane proportionnellement aux volumes de gaz naturel livrés. Ce mécanisme est calqué sur celui des certificats d'économies d'énergie (CEE) que doivent produire aujourd'hui les fournisseurs d'énergies (électricité, gaz, pétrole, fioul...) en fonction des volumes vendus.

Par ailleurs, afin d'assurer la traçabilité du biométhane, le système de garanties d'origine a été mis en place : chaque MWh de biométhane injecté donne lieu à l'émission d'une garantie d'origine identifiée, grâce notamment à son lieu de production et aux déchets utilisés. Ainsi, l'utilisateur sait que le gaz qu'il consomme correspond à une quantité de biométhane effectivement produite. Les garanties d'origine (GO) sont enregistrées dans le Registre des Garanties d'Origine biométhane (RGO) dont GRDF est le gestionnaire national depuis sa création en 2012. Pour une collectivité territoriale, consommatrice finale de gaz, les garanties d'origines peuvent être soit attachées à un contrat de fourniture du gaz vert soit dissociées. Dans ce dernier cas, elles font l'objet d'un contrat de vente spécifique appelé Compte Acheteur Non Fournisseur (CANF) qui offre ainsi au consommateur la possibilité d'exprimer ses préférences (origine géographique, types d'intrants, choix de garanties d'origine locales). Bien qu'il ne s'agisse pas d'un mécanisme de soutien financier, ce dispositif peut être incitatif pour une collectivité.

### *Électricité*

Il existe un tarif d'achat réglementé pour l'électricité produite par biogaz issu d'installations de méthanisation dépendant de la puissance électrique installée. Le tarif d'achat va à la fois dépendre de la puissance installée sur l'unité de méthanisation mais également de la nature des intrants.

La méthanisation de déchets non dangereux et de matière végétale brute peut bénéficier d'un tarif d'achat si la puissance installée est strictement inférieure à 500 kW (arrêté du 13 décembre 2016). Le tarif de base varie entre 150 et 175 €/MWh en fonction de la puissance maximale installée et ce tarif de base diminue de 0,5 % à l'issue de chaque trimestre. Une prime est également appliquée et dépend de la proportion d'effluents d'élevage. Les unités de méthanisation dont la puissance installée est comprise entre 500 kW et 1 MW font l'objet de discussions dans le cadre de groupes de travail ministériels sur la méthanisation (projet d'arrêté tarifaire concernant un complément de rémunération).

La méthanisation de matières résultant du traitement des eaux usées peut bénéficier d'un tarif d'achat si la puissance installée est strictement inférieure à 500 kW ou d'un complément de rémunération si la puissance installée est comprise entre 500 kW et 2 MW (arrêté du 9 mai 2017). Le tarif de base varie entre 70,9 et 175,4 €/MWh en fonction de la puissance maximale installée et ce tarif de base diminue de 0,5 % à l'issue de chaque trimestre.

### *Chaleur*

La valorisation sous forme de chaleur peut être soutenue par le fonds chaleur de l'ADEME mais ce soutien dépend de l'installation (principalement destiné aux petites installations).

#### **Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)**

La PPE fixe les priorités d'action du gouvernement en matière d'énergie pour les 10 prochaines années, sur deux périodes de 5 ans (2019 – 2023 et 2024 – 2028). Le décret publié le 21 avril 2020 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie fixe les priorités d'action en matière d'énergie sur la période 2019 – 2028. Il définit notamment un objectif de baisse de la consommation d'énergie finale de 7,6 % entre 2012 et 2023 et 16,5 % en 2028. Les mesures définies dans la PPE ont pour objectif de permettre l'atteinte des objectifs fixés par la loi (loi LTECV et loi Énergie Climat du 8 novembre 2019), notamment l'augmentation de 33 % de la consommation d'énergie d'origine renouvelable.

Pour y parvenir, la PPE prévoit le développement de la production d'électricité renouvelable, et notamment via le développement de la méthanisation, avec un objectif de 0,27 GW à fin 2023 et entre 0,34 et 0,41 GW à fin 2028.

Par ailleurs, la PPE fixe un objectif de développement de la filière biogaz, afin d'atteindre la part de 7 % de la consommation de gaz en 2030, si les baisses de coûts de production du biométhane injecté visées dans la trajectoire de la PPE sont bien réalisées. La production totale de biogaz attendue pour 2023 est de 14 TWh (contre 5,4 TWh en 2016), et de 24 à 32 TWh en 2028. La part injectée dans les réseaux visée par la PPE est respectivement de l'ordre de 6 TWh en 2023 (contre 0,4 TWh en 2016) et 14 à 22 TWh en 2028.

La PPE donne également la priorité à l'injection de biométhane, précisant que la cogénération ne doit être mise en œuvre que dans certains cas spécifiques (éloignement de l'installation par rapport au réseau de gaz par exemple). Pour cela, un certain nombre de mesures sont prévues :

- Donner de la visibilité en adoptant un calendrier d'appels d'offres pour le biométhane injecté (lancement de 2 appels d'offres chaque année)
- Consolider l'obligation d'achat de biogaz à un tarif réglementé
- Mettre en place un dispositif de soutien adapté pour le biométhane utilisé en bio GNV et favoriser le GNV et bioGNV grâce au suramortissement à l'achat de véhicules
- Accélérer le déploiement du GNV en soutenant la production de biométhane pour les méthaniseurs alimentant des véhicules (privilégier l'usage direct local en cas d'éloignement du réseau)
- Faciliter l'approvisionnement et le raccordement des stations GNV au réseau de gaz naturel
- Par ailleurs, un objectif de 10 % de gaz renouvelables dans les réseaux à l'horizon 2030 a été fixé par la LTECV. Selon GRDF, cet objectif est d'ores et déjà atteint, c'est pourquoi GRDF s'est fixé avec l'ADEME un objectif plus ambitieux : atteindre 30 % de gaz verts dans les réseaux en 2030. Ce nouvel objectif a été fixé sur la base des résultats de l'étude Solagro datant de 2013 qui porte sur les potentiels de gisements méthanisables en France.

### **Initiatives prises afin d'assurer une capacité suffisante des réseaux de gaz**

A partir de 2017/2018, la capacité des réseaux de gaz était insuffisante au niveau national pour recevoir la production de biogaz liée à la méthanisation et ainsi répondre à la volonté des porteurs de projets de développer la méthanisation. GRDF et GRT ont pris en charge des investissements afin de permettre à l'ensemble des projets de méthanisation de pouvoir injecter le biogaz dans les réseaux. Dans un premier temps, des maillages de réseaux pour relier des boucles de consommation et des mutualisations de réseaux ont été faits afin d'accueillir le biogaz issu des méthaniseurs. Lorsque ces mesures ne sont pas suffisantes, des rebours sont envisagés. Ils permettent de comprimer le biogaz et de l'injecter sur le réseau de transport lorsque le réseau de distribution arrive à saturation.

### **Valorisation du CO<sub>2</sub> contenu dans le biogaz**

Actuellement, très peu d'unités valorisent le dioxyde de carbone contrairement au méthane. Il existe pourtant plusieurs manières de valoriser le dioxyde de carbone épuré, par exemple en l'utilisant dans l'industrie agro-alimentaire (au niveau des bombonnes sous pression notamment les bombes de crème chantilly). L'association de dihydrogène au dioxyde de carbone épuré pourrait également permettre la production de méthane de synthèse, ce qui augmenterait le rendement de production de méthane de la méthanisation. Un groupe de travail créé au niveau national par GRT et RTE se penche sur la question de la valorisation du dioxyde de carbone produit par la méthanisation.

#### 4.4.4. Enjeux vis-à-vis de la valorisation des sortants : le digestat

##### Contexte et enjeux réglementaires

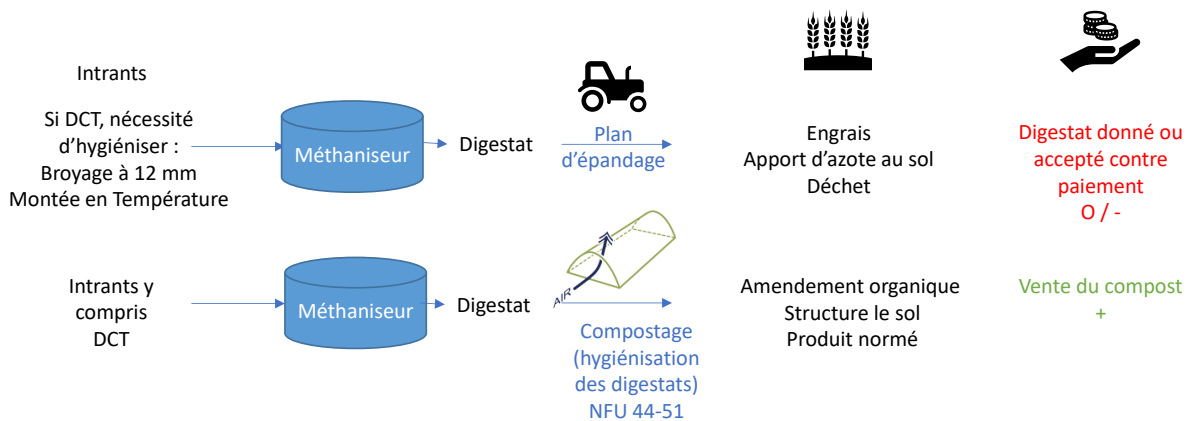
Le retour au sol du digestat en tant que matière fertilisante peut se faire selon les mêmes modalités que le compost, auxquelles s'ajoute le plan d'épandage (le digestat conserve alors le statut de déchet). En effet, le digestat peut être directement épandu, sous réserve d'avoir défini un plan d'épandage, qui prend en compte les caractéristiques du digestat à épandre, celle du sol récepteur et la quantité apportée. Des seuils sur ces différents critères sont fixés et ne doivent pas être dépassés.

L'épandage est le principal exutoire pour les digestats produits par la méthanisation. Pour 2/3 des méthaniseurs agricoles, l'épandage des digestats est actuellement réalisé directement sur les exploitations ou celles avoisinantes. L'objectif principal des méthaniseurs agricoles est le retour au sol des digestats dont la valeur agronomique doit être la meilleure possible (cela passe par une forte exigence au niveau de la qualité des intrants). En fonction de la taille de l'unité de méthanisation et de la nature des sols agricoles, l'apport en digestats et la période d'épandage sont limités. Il peut donc être nécessaire de nouer des partenariats avec d'autres agriculteurs situés à proximité afin de disposer d'exutoires suffisants pour l'épandage du digestat.

En fonction du process (voie sèche ou humide), les digestats présenteront un taux de matière sèche plus ou moins élevé. La séparation des phases liquide et solide du digestat permet de produire deux types de digestat bien distincts et de limiter les dépôts lors du stockage des digestats liquides.

- Les digestats liquides forment un engrais azoté « pratiquement minéral ». L'utilisation de cet azote par les plantes est facilitée si le digestat est épandu comme tel, s'il se substitue aux engrais azotés minéraux et si les précautions sont prises pour éviter les pertes d'azote ammoniacal lors de l'épandage.
- Le digestat solide est un amendement organique qui contient la fraction organique résiduelle. Il contient la majorité du phosphore. Ce digestat solide est la plupart du temps composté. Le compost de digestat peut faire l'objet des mêmes labélisations et normalisations qu'un compost classique, permettant d'en assurer la qualité et l'image vis-à-vis des utilisateurs du produit. Selon sa composition, le digestat composté peut respecter la norme NF U 44-051 et obtenir ainsi le statut d'amendement organique. Le digestat est à ce stade un produit et plus un déchet (ADEME, 2015). A ce titre, sa valorisation présente une valeur économique plus intéressante que le digestat directement épandu, et il peut être vendu, contrairement au digestat brut, qui est souvent donné aux agriculteurs, voire pour lequel il est nécessaire de payer pour sa prise en charge.

Pour rappel, pour la méthanisation des déchets de cuisine et de table et par extension des déchets alimentaires, si le digestat n'est pas composté, une hygiénisation des intrants est nécessaire en amont du procédé : cela implique de broyer les déchets et une montée en température conforme aux préconisations (cf. Tableau 3).



**Figure 17. Enjeux et contraintes de la valorisation des digestats issus de la méthanisation des DCT (RECORD, 2022).**

Les digestats produits à partir de déchets urbains ont généralement des teneurs en composés indésirables plus importantes que les digestats d'origine agricole, et des teneurs en éléments traces minéraux et des composés traces organiques plus élevés.

#### Impacts sur la vie du sol

Selon une revue bibliographique de Sadet Bourgeteau et al. (2020), l'impact des digestats sur la composante biologique du sol reste largement méconnu : « il n'est pas possible aujourd'hui de statuer sur l'adéquation entre cette pratique de valorisation agronomique et le maintien, voire la promotion de la diversité de ces organismes et des fonctions et services associés (dynamique des matières organiques et cycles du carbone et de l'azote, bio-disponibilité des éléments nutritifs, dégradation de polluants organiques, rétention de polluants métalliques, action sur la structure des sols, etc.) ».

Les digestats présentent une variabilité extrêmement importante, qui limite toute conclusion générale à leur sujet. Si certaines études suggèrent qu'un apport de digestats augmente la biomasse et l'activité microbienne des sols, d'autres travaux ne reportent aucun effet des digestats de méthanisation sur ces mêmes paramètres.

Une évaluation de l'ANSES avance un impact négatif des digestats sur la reproduction des vers de terre, sans que ce résultat soit confirmé par d'autres études (Sadet Bourgeteau et al., 2020).

De manière générale, la valeur amendante des digestats est plus faible que celle obtenue par un compostage simple. En cause : la perte de carbone pendant la méthanisation : on observe une réduction de 50 % environ de la teneur en carbone par rapport aux intrants (Levavasseur et al. 2020). En revanche, la valeur fertilisante se révèle bien supérieure : la proportion d'azote présent sous une forme facilement assimilable est plus importante.

#### 4.5. Procédés innovants

Actuellement, la méthanisation et le compostage sont les principaux grands procédés les plus utilisés pour valoriser les biodéchets. D'autres technologies innovantes existent dont le but est de valoriser les biodéchets en tant que source de produits ou d'énergie. La plupart des technologies les plus avancées sont plus adaptées et appliquées aux biodéchets issus de la transformation des aliments et de l'agriculture car ces flux de biodéchets sont mieux définis et plus propres (European Environment Agency, 2020). Les procédés de valorisation des biodéchets les plus courants sont la production de carburants, d'éthanol, de méthane et d'hydrogène et l'extraction d'acides organiques à partir d'acides gras volatils. La conversion de biodéchets municipaux en produits dans une raffinerie est difficile en raison de leur nature et de leur composition complexe. Cependant, des recherches et des développements supplémentaires sont nécessaires pour passer à des bioraffineries commerciales à grande échelle qui sont à la fois écologiquement et économiquement durables (European Environment Agency, 2020).

Le **bioéthanol** est produit à partir de la fermentation de **matières organiques**. Il est souvent produit à partir de matières premières dérivées du maïs ou de la canne à sucre. Le bioéthanol est le biocarburant le plus utilisé dans le monde. Il est produit majoritairement aux Etats-Unis (50 % de la production) et au Brésil (28 %). L'Union européenne produit 6 % de la production mondiale (Passion céréales, s.d).

En France, le bioéthanol est fabriqué à partir de betteraves sucrières et de céréales, cultivées sur moins de 1 % de la Surface Agricole Utile (SAU) nationale. Parmi ce 1 % de SAU, 0,4 % de la surface est utilisée pour la culture de coproduits (alimentation animale et éthanol) (Bioéthanolcarburant.com). En 2019, la France a produit 24 % de l'alcool éthylique européen. Le bioéthanol représente ainsi 7,06 de l'énergie consommée dans la filière essence en 2019. La même année, 11,4 millions d'hectolitres de bioéthanol carburant ont été produits en France pour une consommation finale de 11,7 millions d'hectolitres (Passion céréales, s.d.).

Même si l'utilisation de cultures est très faible en France pour la production de bioéthanol, ce n'est pas le cas dans tous les pays. De plus, avec l'augmentation possible de la demande en biocarburant dans les prochaines années, une concurrence entre la production dans un but alimentaire et la production dans un but de production d'énergie pourraient apparaître dans le monde. Cependant, le bioéthanol peut aussi être produit à partir de **matière première de seconde génération** (non comestible), dérivée des déchets. La faisabilité de ce concept a été prouvée en Finlande, où la société énergétique finlandaise ST1 a développé un process appelé « Etanolix » qui utilise des déchets et des résidus de processus produits localement. Cette technologie permet de raffiner les déchets et résidus riches en amidon et en sucre (ex. biodéchets de boulangeries, de brasseries et de production de boissons, déchets de vente au détail). La capacité de production annuelle varie entre 1 et 9 millions de litres. L'entreprise ST1 a également développé le concept de bioraffinage appelé « Bionolix » qui produit de l'éthanol à partir de biodéchets municipaux et commerciaux. Le procédé « Bionolix » utilise des déchets alimentaires municipaux et de détail emballés et non emballés comme matière première pour produire de l'éthanol qui peut être utilisé dans diverses applications. La technologie « Bionolix » a été testée et fonctionne désormais à Hämeenlinna, en Finlande. L'usine est intégrée à l'installation de méthanisation et a une capacité de production annuelle de 1 million de litres d'éthanol (European Environment Agency, 2020 ; ST1, 2018).

Le bioéthanol a plusieurs avantages. Il remplace directement l'essence pour différents usages. Ces qualités de performance sont supérieures à celles de la plupart des biocarburants. De plus, il génère plus de 90 % de CO<sub>2</sub> en moins que les carburants fossiles. En revanche, ce procédé a des coûts de traitements importants et les biodéchets hétérogènes rendent plus difficile la production d'éthanol à l'échelle industrielle (European Environment Agency, 2020).

Les **acides gras volatils** (AGV) sont très utiles pour l'industrie chimie. Ils sont également utilisés dans diverses applications comme la production de biocarburants, de bioplastiques et dans l'élimination biologique des nutriments des eaux usées. Les AGV utilisés dans l'industrie sont principalement dérivés de combustibles fossiles par synthèse chimique. La production d'AGV par un processus de fermentation est réalisée à la fois par la culture de souches bactériennes anaérobies spécifique et par les cultures microbiennes mixtes (CMM). Ce processus est encore en phase de développement et sa production à grande échelle n'a été testée qu'à partir de flux de biomasse très restreints (ex. les boues d'épuration). Les CMM ont un rendement inférieur en termes de production d'AGV. Cependant, plusieurs avantages sont avancés. Des conditions non stériles sont nécessaires et le risque de contamination est diminué. Les CMM sont capables de métaboliser un grand nombre de molécules organiques et donc de faire face à la composition hétérogène des biodéchets. De plus, les déchets alimentaires ont des niveaux élevés de matières organiques, des concentrations importantes d'azote et de phosphore et des nutriments, ce qui fait un substrat optimal pour la production d'AGV (Strazzera et al., 2018). Des évolutions supplémentaires sont nécessaires pour avoir une production et une récupération durables des AGV à partir de biodéchets à l'échelle industrielle ainsi qu'une rentabilité économique intéressante. Les points les plus importants à développer sont l'optimisation des paramètres opérationnels pour la production des AGV et la séparation rentable des AGV du digestat (European Environment Agency, 2020).

Les biodéchets peuvent également être utilisés pour produire de **l'hydrogène**. Cette technologie permettrait de faire face aux méthodes conventionnelles coûteuses en raison des besoins énergétiques élevés. La fermentation sombre et la photofermentation sont des processus biologiques ayant été très étudiés pour la production d'hydrogène (European Environment Agency, 2020). La photofermentation est réalisée à partir de bactéries qui utilisent la lumière et des molécules organiques simples pour leur croissance. Un des problèmes majeurs est que cette technologie demande des surfaces de production

importantes. Le milieu doit également être contrôlé, en termes d'apports protéiniques, ce qui restreint son utilisation à des biodéchets à faible teneur en protéine. Il est souvent couplé avec le procédé de fermentation sombre. Cette technologie utilise des bactéries anaérobies. Elle permet de convertir un important nombre de sources carbonées et de produire simultanément des molécules pouvant présenter un intérêt industriel et à moindre coût. En revanche, la fermentation sombre à un rendement limité par la présence de ces métabolites (RECORD, 2015). Des obstacles importants sont encore présents à l'échelle industrielle. Une faible efficacité de conversion du substrat et un faible rendement sont notamment observés. La production d'hydrogène à partir d'AGV (produits à partir de biodéchets) pourrait être envisagée (European Environment Agency, 2020).

La récupération du **phosphore** présent dans les biodéchets commence également à être étudiée, du fait des préoccupations concernant l'épuisement de cette ressource. L'objectif est de récupérer le phosphore présent dans les biodéchets solides dont les déchets alimentaires, les fumiers, les boues d'épuration et la biomasse des cultures. Différentes technologies ont été développées à grande échelle et peuvent être appliquées au traitement du digestat. Cependant, ces technologies nécessitent un développement technique supplémentaire pour minimiser les coûts d'exploitation et améliorer la qualité des engrais produits. La filtration par membrane vibrante est une technologie potentielle de récupération des nutriments, mais ses performances techniques et économiques à grande échelle doivent encore être démontrées (European Environment Agency, 2020).

La **carbonisation hydrothermale** (HTC) permet de convertir les biodéchets en hydrochar®, via un procédé thermo-chimique utilisant de l'eau sous pression à des températures se trouvant entre 180 et 250 °C. L'hydrochar® peut être utilisé comme combustible solide ou amendement du sol ou être transformé en charbon actif. C'est une ressource riche en énergie facilement stockable et transportable. La carbonisation hydrothermale (HTC) est principalement applicable aux biodéchets à forte teneur en eau. Par rapport aux autres technologies, celle-ci permet une réduction du volume de déchets plus importante et un temps de réaction court (quelques heures). Le potentiel de récupération des nutriments dans les liquides est également important. La carbonisation hydrothermale est une technologie intéressante pour la gestion des biodéchets, mais il reste encore certains problèmes à résoudre, donc la réalisation d'une analyse technico-économique pour étudier sa faisabilité à grande échelle (European Environment Agency, 2020).

La **liquéfaction hydrothermale** (HTL) est un processus de dépolymérisation thermo-chimique convertissant la biomasse humide en une bio-huile, un résidu solide carboné, une phase aqueuse et une phase gazeuse. Les déchets agroalimentaires, le fumier et les boues contenant des protéines et une teneur élevée en humidité constituent un bon apport pour ce type de procédé. Le bio-fuel produit a un fort pouvoir calorifique mais ne peut pas être utilisé directement en carburant. Un autre inconvénient de ce procédé est le transport à haute pression de suspensions multiphasiques, complexes et visqueuses qui est souvent responsable de bouchage des installations. L'utilisation de fortes concentrations solides et de fortes pressions permet de réduire le volume de l'installation et donc les investissements. En revanche, cela implique des difficultés de pompages. Actuellement, des concentrations de solides autour de 15 % sont atteignables technologiquement. Cependant, les systèmes de pompe ne sont validés qu'à l'échelle du laboratoire pour de faibles débits. La liquéfaction hydrothermale utilise des quantités d'eau importantes qui sont responsables de la production importante d'effluents aqueux chargés en matière organique et en minéraux. De plus, ces effluents aqueux doivent être traités efficacement. Le développement de ce procédé à l'échelle industrielle a rencontré plusieurs problèmes au niveau technique et économique. Les phénomènes se déroulant lors de la liquéfaction hydrothermale et le rendement des différents produits ne sont pas encore bien connus (Deniel, 2016).

Une technologie permet de **transformer** certains types de déchets alimentaires en **aliments pour animaux**. Le développement de cette technologie a été freiné par la législation de l'Union européenne en matière de sécurité alimentaire, qui l'interdisait jusqu'ici. L'alimentation des volailles et porcs par des protéines issues d'insectes a toutefois été autorisée en août 2021<sup>2</sup>. Une technologie adaptée aux biodéchets municipaux consiste à utiliser les biodéchets pour produire des protéines d'insectes à l'aide de larves de mouches soldats noires. Les larves de mouches soldats noires consomment les biodéchets

---

<sup>2</sup> Annex IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council as regards the prohibition to feed non-ruminant farmed animals, other than fur animals, with protein derived from animal

et les convertissent en biomasse larvaire et en un résidu similaire à du compost. La biomasse larvaire contient des protéines (entre 32 et 58 %) et des lipides (15 à 39 %). Elle peut être utilisée comme matière première pour la production d'aliments pour animaux. Un programme de recherche spécifique est en cours à ce sujet, regroupant 17 partenaires issus de 6 pays européens. Ce projet VALUEWASTE vise à développer des technologies de valorisations innovantes pour les biodéchets urbains. Outre la production d'insectes à partir du digestat pour l'alimentation animale, la production de protéines microbiennes à partir de méthane pour l'alimentation humaine est investiguée. Le projet prévoit également l'utilisation des effluents liquides pour la production d'un fertilisant riche en azote et phosphore. La faisabilité de ce concept sera validée dans deux villes européennes : Murcia (Espagne) et Kalundborg (Danemark). La collecte des biodéchets pour ce programme est déjà effective sur la ville de Murcia en Espagne ; le traitement est en phase de développement, avec plusieurs unités pilotes, dont une dernière unité lancée en novembre 2021.

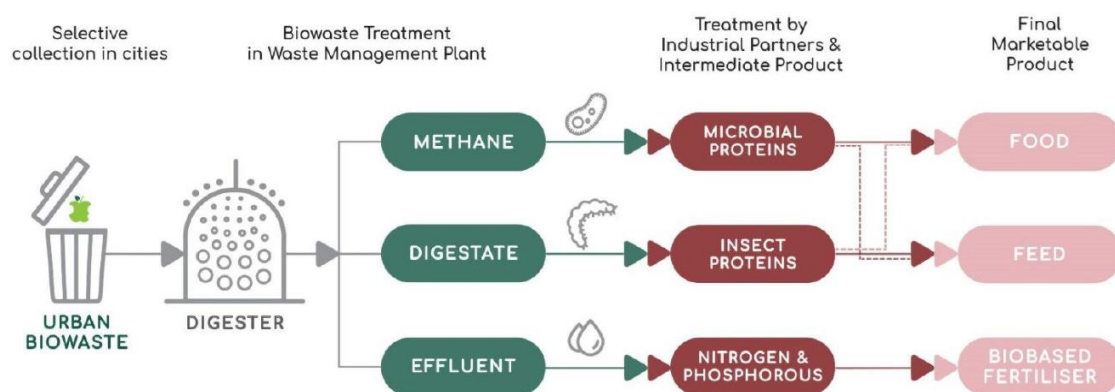


Figure 18. Projet VALUEWASTE : voies de valorisation envisagées (RECORD, 2022).

La pyrolyse et la gazéification sont deux procédés plutôt utilisés pour la valorisation des déchets verts. La **pyrolyse** est un processus thermochimique dans lequel la biomasse se décompose suite à une augmentation importante de sa température en l'absence d'oxygène. Des solides, liquides et gaz sont alors produits et valorisés sous forme d'énergie. Des améliorations sont nécessaires pour intégrer les derniers développements dans une phase pilote, puis à l'échelle industrielle. De plus, la pyrolyse n'est pas encore économiquement viable (Czajczyńska *et al.*, 2017). La **gazéification** est considérée une technologie prometteuse pour le traitement des déchets car elle produit peu d'émissions. Cette technologie consiste à chauffer les biodéchets à de hautes températures en présence d'une faible quantité d'oxygène. Le gaz de synthèse produit peut être utilisé pour différentes applications, en fonction des conditions dans lesquelles il a été produit (ex. combustible, pour produire des produits chimiques). Actuellement, la gazéification à grande échelle se limite aux déchets municipaux et aux résidus agricoles. Des solutions doivent être trouvées pour valoriser des aliments hétérogènes, maximiser le rendement du gaz de synthèse, optimiser la qualité du gaz et l'efficacité des processus mais également en vue de réduire les coûts de production (European Environment Agency, 2020).

**Tableau 8. Atouts et limites de différentes technologies émergentes (RECORD, 2022, d'après EEA 2020).**

Technologie	Atouts	Limites	Avancée du procédé
Production de bioéthanol	<p>Biodéchets comme matière première alternative</p> <p>Carburant liquide pouvant remplacer l'essence directement dans les usages existants</p> <p>Performance supérieure à celles de la plupart des biocarburants alternatifs</p> <p>Génère plus de 90% d'émissions de CO<sub>2</sub> en moins que les carburants fossiles conventionnels</p>	<p>Coûts de traitement importants</p> <p>Nature hétérogène des biodéchets rend difficile la production de bioéthanol à l'échelle industrielle</p>	<p>Tests à l'échelle industrielle</p>
Production d'acides gras volatils	<p>AGV utilisés dans un large éventail d'utilisations</p> <p>Extraction des AGV à partir de biodéchets pouvant être plus durable qu'à partir de combustible fossile</p> <p>Biodéchets hétérogènes forment un substrat optimal pour la production d'AGV</p>	<p>Technologie en développement avec des défis à relever dont l'optimisation des paramètres opérationnels pour la production d'AGV et la séparation rentable des AGV du digestat</p> <p>Testée à l'échelle industrielle sur seulement certains types de biomasse</p> <p>Cultures microbiennes mixtes ayant un rendement inférieur en termes de production d'AGV</p>	<p>Développement supplémentaire nécessaire pour fonctionner à l'échelle industrielle</p>
Production d'hydrogène	<p>Demande en hydrogène en augmentation</p> <p>Peut substituer les méthodes conventionnelles coûteuses (besoins énergétiques élevés)</p>	<p>Faible efficacité de conversion du substrat et faible rendement</p>	<p>Développement nécessaire pour fonctionner à l'échelle industrielle</p>
Production de phosphore	<p>Source renouvelable de phosphore</p>	<p>Technologie nécessitant un développement technique pour minimiser les coûts d'exploitation et améliorer la qualité et la prévisibilité des engrais produits</p>	<p>Développement nécessaire pour fonctionner à l'échelle industrielle</p>
Carbonisation hydrothermale	<p>Hydrochar® pouvant être utilisé comme combustible solide ou amendement du sol ou être transformé en charbon actif</p> <p>Réduction du volume de déchets plus importante et temps de réaction court par rapport aux autres technologies</p> <p>Important potentiel de récupération des nutriments dans les liquides</p>	<p>Nécessite des développements techniques pour être appliqué à l'échelle industrielle</p>	<p>Développement supplémentaire nécessaire pour fonctionner à l'échelle industrielle</p>

Technologie	Atouts	Limites	Avancée du procédé
Liquéfaction hydrothermale	Fort pouvoir calorifique du bio-fuel produit	<p>Bio-fuel nécessitant un raffinage avant utilisation comme carburant</p> <p>Transport à haute pression de suspensions multiphasiques, complexes et visqueuses souvent responsable de bouchage des installations</p> <p>Quantités d'eau importantes générant des fortes quantités d'effluents aqueux chargés en matière organique et en minéraux</p> <p>Effluents aqueux nécessitant d'être traités efficacement</p> <p>Développement à l'échelle industrielle rencontrant des problèmes techniques et économiques</p> <p>Phénomènes de réaction et rendement pas encore bien connus</p>	Développement supplémentaire nécessaire pour fonctionner à l'échelle industrielle
Aliments pour animaux	Transforme les biodéchets en protéines et lipides, à petite échelle	La réglementation européenne ne permet pas son développement	Prêt pour utilisation industrielle
Pyrolyse	Valorisation des déchets en carburant à haute densité énergétique	<p>Améliorations nécessaires pour intégrer les derniers développements dans une phase pilote, puis à l'échelle industrielle</p> <p>Non viable économiquement</p>	Développement supplémentaire nécessaire pour fonctionner à l'échelle industrielle
Gazéification	<p>Technologie flexible pouvant être adaptée pour traiter divers intrants</p> <p>Gaz synthétique utilisable comme combustible ou pour produire des produits chimiques</p>	Nécessité de trouver des solutions pour valoriser des aliments hétérogènes, maximiser le rendement du gaz de synthèse, optimiser la qualité du gaz et l'efficacité des process et de réduire les coûts de production	Utilisé à l'échelle industrielle pour certains types de déchets

## Phase 2 : Etat des lieux européen

### 1. Méthodologie et périmètre

Un état des lieux des grandes métropoles européennes ayant mis en place une gestion et une valorisation des biodéchets sur leur territoire a été effectué. Les grandes métropoles européennes prises en compte lors de cette étude sont celles de plus de 100 000 habitants avec les territoires urbains et péri-urbains associés. Lors de ce recensement, les métropoles ciblées étaient principalement celles valorisant au minimum les déchets alimentaires. Toutefois, l'articulation avec les autres types de déchets, et plus particulièrement avec les déchets verts a été évaluée. Cette étude se concentre notamment sur les biodéchets issus des ménages, mais les déchets acceptés dans la ou les filières de traitement ont été évalués, tout comme l'articulation entre la prise en charge de ces différents déchets. Cette étude se focalise principalement sur la valorisation des biodéchets. Cependant, les choix antérieurs, les solutions de traitement instaurées et les éléments de montage de projet ont été pris en compte. Enfin, l'état des lieux repose en priorité sur des projets matures dont la solution de traitement est déjà approuvée. Les projets émergents ont néanmoins été étudiés.

Plusieurs outils ont été employés simultanément pour réaliser le recensement des grandes métropoles européennes, :

- Recherche par mots-clefs sur internet. La recherche par mots-clefs s'est effectuée dans différentes langues afin d'avoir une bibliographie qui soit la plus exhaustive possible. Ces recherches se sont faites notamment en anglais, en français, en allemand et en espagnol ;
- Compte-rendu de rencontres sur le sujet des biodéchets ;
- Connaissances sur les métropoles européennes ayant instauré la gestion et la valorisation séparées des biodéchets.

Les sources d'information utilisées sont diversifiées, voici les principales :

- Documents regroupant les bonnes pratiques de métropoles européennes sur le sujet ;
- Sites internet des métropoles mettant en avant leur projet ;
- Sites internet des maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage des unités de valorisation ;
- Rapports annuels des métropoles, maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage des unités de valorisation ;
- Présentations effectuées à des rencontres ;
- Articles de presse.

Les données ont d'abord été reportées dans un tableau afin de les synthétiser et pouvoir faire une sélection des métropoles européennes les plus intéressantes à présenter.

Ce tableau est divisé en quatre parties :

- Caractéristiques du territoire : situation géographique, population et densité de population, appartenance à un réseau européen/international ;
- Stratégie de gestion des biodéchets : année de démarrage de la stratégie, objectifs et format du tri à la source ;
- Collecte des biodéchets : consigne de tri, éléments favorisant la collecte des biodéchets, années de démarrage de la collecte, type d'usagers collectées, taux de couverture, moyens techniques de la pré-collecte, tarification et atouts/faiblesses ;
- Traitement et valorisation des biodéchets : type de valorisation, capacité de traitement, année de démarrage de la valorisation, type de process, diversité des intrants, type de produits et mode de valorisation et type de maître d'ouvrage et d'exploitant.

Cet état des lieux qui se restreint à de la recherche bibliographique présente certaines limites. La disponibilité des informations pour un territoire est parfois très limitée et ne permet pas toujours d'obtenir

des informations suffisantes pour comprendre complètement les modalités de gestion et de valorisation des biodéchets mises en œuvre. De plus, la documentation identifiée n'est pas toujours récente. De ce fait, le projet présenté peu avoir évolué depuis la publication du document, voire complètement changé.

À partir de la liste des 61 métropoles européennes identifiées, 26 d'entre elles ont été retenues et ont fait l'objet de la rédaction d'une fiche synthétique. La sélection s'est faite notamment à partir du niveau d'information disponible.

## 2. Présentation des fiches

Les 26 grandes métropoles européennes sélectionnées ont chacune fait l'objet d'une fiche synthétique de 2 pages. L'élaboration de ces fiches s'est faite à partir de la recherche bibliographique effectuée en amont. La trame des fiches est présentée sur la figure ci-dessous.

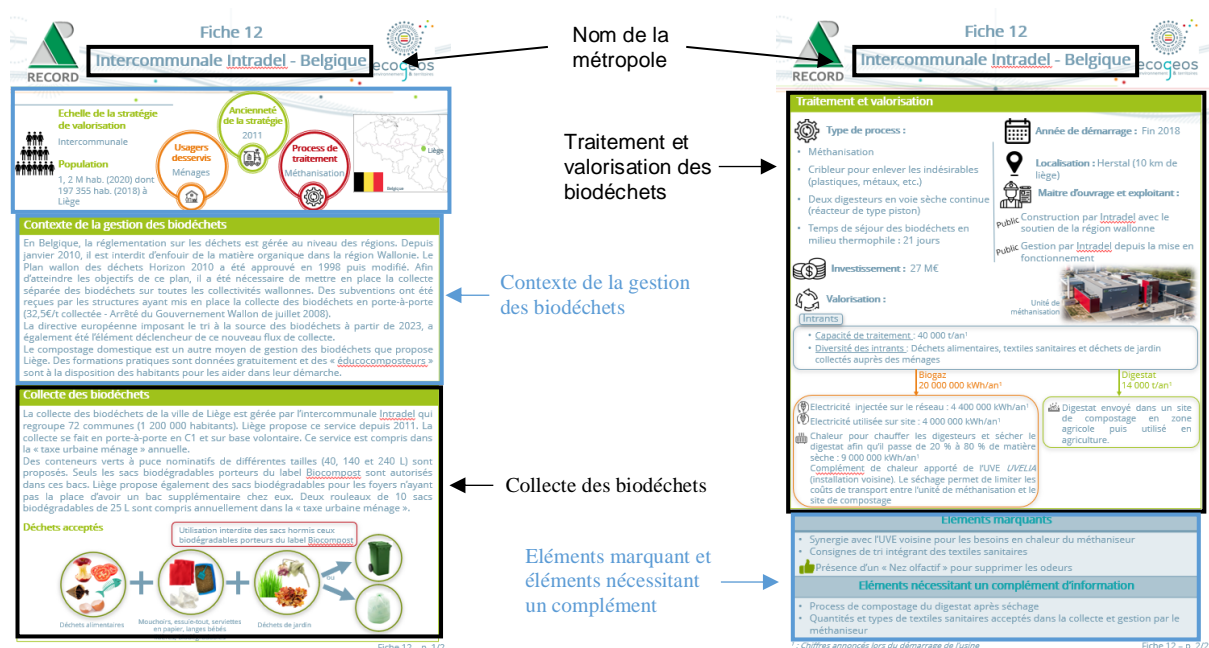


Figure 19. Exemple de fiche synthétique (RECORD, 2022).

La première partie de la fiche de synthèse reprend les informations générales concernant la métropole avec notamment l'échelle de la stratégie de valorisation des déchets (communale, intercommunal, départementale et régionale) et la population correspondante, le type d'usagers desservis par la collecte (ménagers, entreprises), l'ancienneté de la stratégie et le process de traitement mis en place (méthanisation, compostage).

Cette première page reprend également les informations les plus importantes à propos du contexte de la stratégie des déchets, que ce soit au niveau national, régional, intercommunal et communal. Ce contexte porte sur la réglementation, mais aussi sur l'historique de la stratégie. Elle présente ensuite les éléments relatifs à la collecte des biodéchets. Les déchets acceptés par cette collecte sont représentés sous forme de schéma. Un encadré rouge rappelle la consigne sur l'utilisation ou non de sacs plastique, élément important à prendre en compte lors de la valorisation des biodéchets.

La deuxième page est composée de deux grandes parties. La première porte sur la valorisation des biodéchets avec quelques éléments sur le type de process mis en place, le coût d'investissement, l'année de démarrage du process, sa localisation ainsi que le maître d'œuvre et l'exploitant. La valorisation des biodéchets en elle-même est présentée sous forme de schéma. La capacité de traitement et les intrants acceptés sont identifiés ainsi que la valorisation des sortants (biogaz et digestat pour la méthanisation, compost pour le compostage).

La fiche se termine par un encadré dans lequel se trouvent les éléments marquants du projet. Cela permet de mettre en avant des éléments particuliers qu'on ne retrouve pas dans d'autres projets. La

dernière rubrique est consacrée aux éléments dont la réponse n'a pas pu être identifiée dans la bibliographie, mais qui mériteraient d'être développés pour comprendre le projet plus en détail.

Les fiches n'ont pas toutes la même quantité d'information étant donné que l'état des lieux s'est limité à de la recherche bibliographique. Néanmoins, un maximum d'informations a pu être reporté sur chacune de ces 26 fiches. Seules 2 des fiches présentent une partie sur le traitement et la valorisation des biodéchets réduite.

### 3. Synthèse des fiches

#### Présentation générale

Les 26 grandes métropoles européennes retenues sont présentes dans 13 pays européens différents (voir figure ci-dessous). L'Allemagne est le pays le plus représenté avec 6 métropoles. Il est suivi par le Royaume-Uni (4 métropoles) puis par la Suède et la Suisse (3 métropoles chacune).

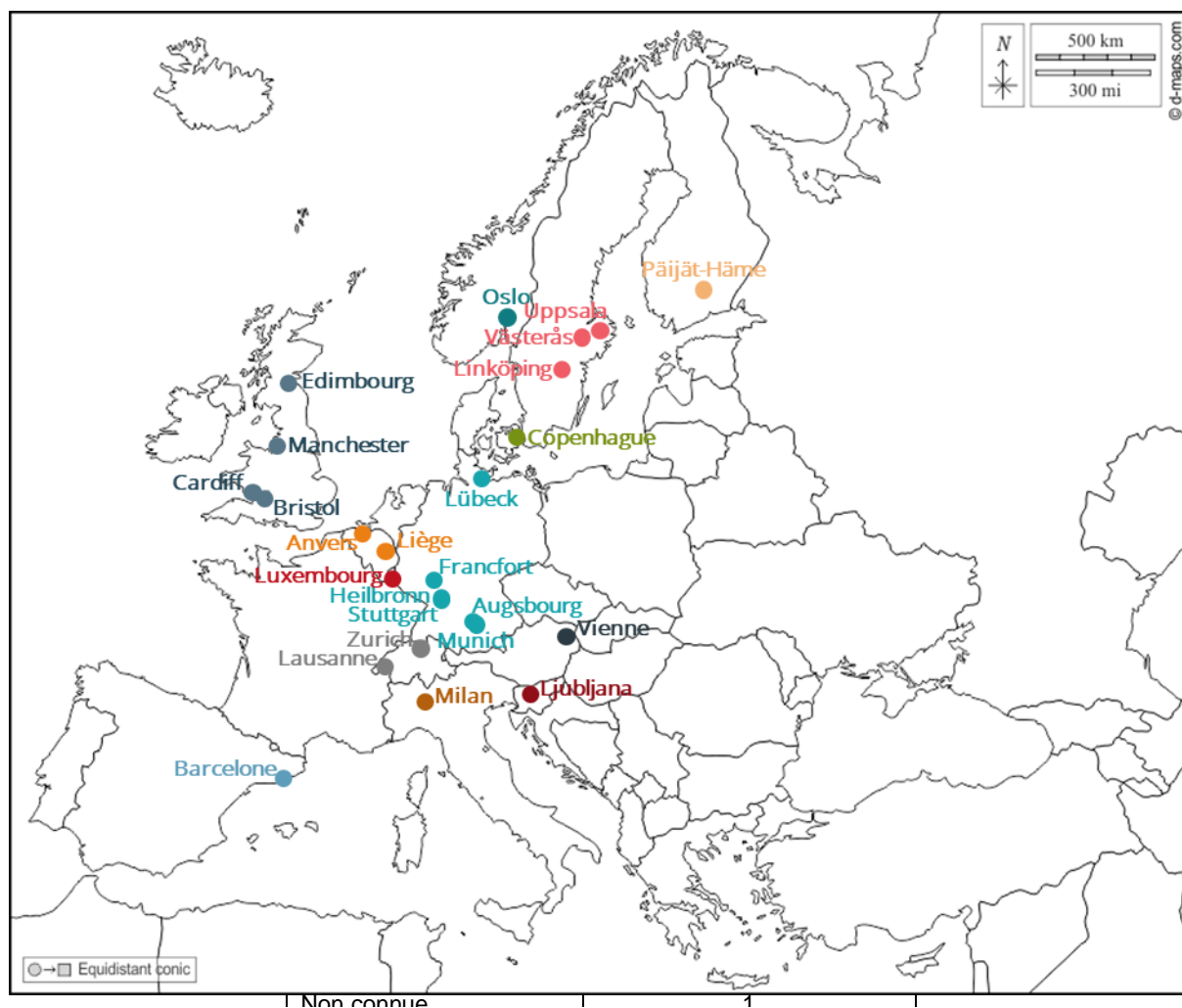


Figure 20. Cartographie des 26 métropoles sélectionnées (RECORD, 2022).

#### Contexte des biodéchets

L'état des lieux s'est focalisé sur les métropoles collectant au minimum les déchets alimentaires dans le flux des biodéchets (voir tableau ci-dessous). C'est pour cette raison que la totalité des métropoles sélectionnées accepte les déchets alimentaires. En revanche, les intercommunalités d'Augsbourg et de Manchester n'autorisent pas les éléments carnés dans les déchets alimentaires. Certains textiles sanitaires peuvent être déposés avec les déchets alimentaires sur 12 des territoires étudiés. Ce sont principalement des serviettes en papier et essuie-tout. Les déchets verts sont acceptés par 21 métropoles. Toutefois, ils sont limités dans la majorité des cas à de petites fractions telles que les fleurs coupées, l'herbe et les feuilles ; les tailles de haies et les chutes d'élagage ne peuvent pas être

déposées avec les biodéchets. Sept métropoles autorisent d'autres types de biodéchets comme les plumes, la paille et la litière biodégradable. C'est le cas pour 4 métropoles allemandes, la région de Päjät Häme (Finlande), Ljubljana et Zurich.

**Tableau 11. Déchets acceptés par les métropoles.**

Déchets acceptés	Nombre de métropoles
Déchets alimentaires	26
Textiles sanitaires (essuie-tout, serviettes en papier...)	12
Déchets verts	21
Autres déchets biodégradables	7

L'utilisation de sacs de pré collecte a un impact majeur sur le procédé mis en place pour valoriser les biodéchets. En effet, le plastique issu des sacs pose des problèmes sur le process de valorisation, mais aussi sur la qualité des produits sortants (voir partie Enjeux associés à la gestion des biodéchets). Plusieurs types de contenants peuvent être autorisés sur un même territoire.

- Les sacs en plastique classiques sont autorisés sur 4 métropoles dont celle d'Oslo et de Linköping (Suède) où la collecte des différents flux se fait en sac.
- Les sacs compostables sont utilisés sur 9 territoires. Ils sont généralement mis à disposition par la métropole. Liège autorise seulement les sacs porteurs du label Biocompost. Genève privilégie les sacs compostables ayant les labels OK compost, Home et Seedings. Les lausannois peuvent utiliser soit les sacs compostables respectant la norme EN 13432 soit déposer les biodéchets en vrac dans le bac.
- Les sacs en papier sont employés dans 8 territoires.
- Lorsque la collecte en vrac est en vigueur comme c'est le cas pour 8 métropoles, il est conseillé d'envelopper les biodéchets dans du papier (serviettes, journaux).
- Le type de contenant n'est pas connu pour 5 métropoles.

**Tableau 12. Contenants acceptés par les métropoles.**

Contenants acceptés	Nombre de métropoles
Sac en plastique « classiques »	4
Sac en papier	8
Sac compostable	9
Type de sac non connu	5
Pas de sac	8
Non connu	2

### Méthanisation

La méthanisation est le mode de valorisation le plus largement mis en place par les métropoles sélectionnées. En effet, 22 ont recours à ce type de process, dont 2 pour lesquelles la méthanisation est au stade de projet. Deux métropoles combinent le compostage et la méthanisation. Il s'agit de Lübeck (Allemagne) qui composte la fraction supérieure à 30 mm des biodéchets (avec le digestat de la fraction < 30 mm) et de la métropole de Barcelone qui composte ou méthanise les biodéchets en fonction de la provenance des biodéchets. Les biodéchets du Great Manchester étaient compostés jusqu'en juin 2019 dans 4 installations situées sur son territoire. Actuellement, une nouvelle stratégie est en cours d'élaboration et le compostage pourrait être remplacé par de la méthanisation. Le mode de valorisation n'est pas connu pour Heilbronn.

L'étude réalisée par l'Agence européenne pour l'environnement (EEA) montre que les biodéchets européens sont valorisés, dans leur globalité en méthanisation à 53 % et en compostage à 47 %. Or, 24 des 26 métropoles européennes retenues dans notre étude ont recours à la méthanisation. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cet écart :

La première hypothèse est que la méthanisation est privilégiée pour la valorisation des déchets alimentaires. Les unités de compostage reçoivent en effet principalement des déchets verts, collectés sur la majorité des territoires. Or, nous nous intéressons en particulier à la collecte des déchets alimentaires.

La deuxième hypothèse est que les installations de méthanisation sont privilégiées pour les grandes métropoles, qui constituent la cible de notre étude, alors qu'en milieu plus rural, les unités de compostage sont plutôt utilisées.

La capacité de traitement des installations de méthanisation varie entre 10 000 t/an de biodéchets (canton de Genève) à 695 000 t/an (région de Milan) (voir tableau ci-dessous). Cinq installations ont une capacité de traitement comprise entre 20 000 et 29 000 t/an : 3 accueillant les biodéchets à l'échelle communale, une à l'échelle intercommunale et une à l'échelle régionale. Sept installations ont une capacité située entre 30 000 t/an et 49 000 t/an dont 4 à l'échelle communale et 3 à l'échelle intercommunale. Parmi les installations ayant une capacité de traitement se situant entre 100 000 t/an et 129 000 t/an, on trouve les 2 installations traitant les biodéchets de la ville de Luxembourg qui accueillent au total 100 000 t/an de biodéchets et les installations des métropoles d'Augsbourg (105 000 t/an) et de Linköping (125 000 t/an). La métropole de Barcelone envoie la majorité de ses biodéchets sur 2 unités de méthanisation de 85 000 t/an et 96 000 t/an, soit une capacité totale de 181 000 t/an. L'autre partie des biodéchets est valorisée en compostage (12 100 t/an).

**Tableau 13. Capacité de traitement des installations de méthanisation.**

Capacité de traitement (en t/an)	Nombre de métropoles
10 000	1
20 000 - 29 000	5
30 000 - 49 000	7
50 000 - 99 000	4
100 000 - 200 000	4
695 000	1

Le biogaz produit après la méthanisation des biodéchets est principalement valorisé en électricité et en chaleur. L'électricité est soit utilisée sur site pour les besoins énergétiques des installations (9 métropoles), soit injectée dans le réseau (10 métropoles). Seize métropoles valorisent le biogaz en chaleur dont la moitié pour l'utiliser pour les besoins internes (chauffer les digesteurs) et l'autre moitié pour l'injecter sur le réseau. Dans ce dernier cas, la chaleur peut être envoyée vers des entreprises présentes à proximité de l'installation, soit pour chauffer des habitations. Le biogaz est également valorisé en biocarburant par 8 métropoles dont 5 situées dans les pays nordiques (Suède, Norvège et Finlande). L'injection de biométhane est réalisée par 5 métropoles. Seule la région de Milan produit du CO<sub>2</sub> liquide pour l'industrie. Le mode de valorisation du biogaz n'est pas connu pour Heilbronn, Stuttgart (installation en projet) et Copenhague (installation en projet).

**Tableau 14. Modes de valorisation du biogaz des différentes installations de méthanisation.**

		Valorisation du biogaz							
		Electricité en interne	Electricité réseau	Chaleur en interne	Chaleur réseau	Biométhane réseau	Biocarburant	CO2 liquide à usage industriel	Non connu
Métropoles	Anvers	X	X						
	Augsbourg	X	X						
	Barcelone	X	X	X					
	Bristol	X	X	X		X	X		
	Cardiff	X		X					
	Copenhague	X				X	X		
	Edimbourg	X	X						
	Francfort	X	X		X				
	Genève					X			
	Heilbronn								X
	Lausanne			X		X	X		
	Liège	X	X		X				
	Linköping						X		
	Ljubljana		X	X					
	Lübeck			X	X				
	Luxembourg				X	X			
	Milan		X		X		X	X	
	Munich		X	X	X				
	Oslo						X		
	Päijät-Häme			X		X	X		
Stuttgart								X	
Uppsala			X			X			
Västerås						X			
Vienne					X				
Zurich				X					
<b>Total</b>		<b>9</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Le digestat produit est valorisé en engrais et/ou en amendement organique. La valorisation en amendement est pratiquée par 13 métropoles alors que 7 combinent la valorisation en engrais et amendement. Seulement 2 métropoles (Uppsala et Linköping (Suède)) utilisent le digestat pour faire uniquement de l'engrais.

Neuf installations valorisent leur digestat en engrais dont 4 se situent dans les pays nordiques (Norvège et Suède). La métropole d'Oslo propose un engrais de haute qualité. Six des 9 installations précisent que l'engrais est épandu pour des agriculteurs. La majorité des territoires (9) produisent des amendements pour les agriculteurs et horticulteurs. Dans ce cas, le digestat est parfois composté avec des déchets verts. La métropole de Cardiff propose un amendement conforme à l'appellation britannique Digestat PAS 110. Cela indique la haute qualité du compost. Le compost de Francfort a la norme de qualité allemande RAL. Quatre territoires vendent des amendements pour les agriculteurs / horticulteurs et pour les particuliers. Il s'agit de la métropole de Barcelone, de l'intercommunalité IGEAN d'Anvers, du Canton de Genève et de Lausanne. Le compost de Lausanne a le label Bourgeois de Bio Suisse. L'intercommunalité d'Anvers vend un compost spécial pour les particuliers qui est composé à 50 % de compost issu du digestat et de 50 % de compost issu de déchets verts. Huit métropoles supplémentaires valorisent le digestat en amendement, mais aucune information n'a permis de dire quels sont les bénéficiaires. Parmi ces 8 métropoles, 2 fournissent un amendement de haute qualité (région de Milan et la métropole d'Oslo). Deux installations (Luxembourg et Zurich) renvoient une partie du digestat en tête de process et Lausanne fabrique du terreau en plus de l'engrais et de l'amendement.

**Tableau 15. Modes de valorisation du digestat des différentes installations de méthanisation.**

	Digestat liquide en épandage direct	Digestat solide, épandu après séchage ou après séparation de la phase aqueuse	Digestat solide ou pâteux, composté, criblé et épandu	Autre ou non connu
Anvers			X	
Augsbourg		X		
Barcelone			X	
Bristol	X			
Cardiff		X		
Copenhague				
Edimbourg	X	X		
Francfort			X	
Genève			X	
Heilbronn				X
Lausanne	X		X	
Liège			X	
Linköping	X			
Ljubljana		X		
Lübeck			X	Digestat enfoui
Luxembourg	X	X		
Manchester			X	
Milan		X		
Munich			X	
Oslo	X	X		
Päijät-Häme			X	
Stuttgart				X
Uppsala	X			
Västeras		X		
Vienne			X	
Zurich	X	X		

### Compostage

Le compostage est réalisé par 3 métropoles. Lübeck composte la fraction supérieure à 30 mm des biodéchets avec le digestat de la fraction inférieure à 30 mm. La métropole de Barcelone a 2 unités de compostage en supplément des 2 unités de méthanisation. Ces deux sites ont une capacité de traitement de 85 000 t/an et 96 000 t/an. Le compost est utilisé par les agriculteurs et les particuliers. La métropole de Manchester avait 4 installations de compostage en milieu fermé jusqu'à juin 2019. Les biodéchets étaient compostés puis utilisés en agriculture et horticulture. Le compost était également vendu auprès des particuliers après avoir été mélangé à des sous-produits forestiers (ex. sciure). Actuellement, les biodéchets sont envoyés vers d'autres unités de compostage britanniques. Le Great Manchester réfléchit à une nouvelle stratégie de valorisation des biodéchets et pourrait passer du compostage à la méthanisation.

## Phase 3 : Analyse détaillée de la stratégie de valorisation de plusieurs villes européennes

### 4. Méthodologie d'enquête

Sur la base de l'état des lieux bibliographique réalisé à l'échelle européenne, plusieurs villes ont été sélectionnées pour recueillir des informations complémentaires sur la stratégie technico-économique de valorisation des biodéchets, de manière à avoir un panel varié et représentatif de différentes modalités.

Plusieurs villes européennes ont ainsi été sollicitées pour des entretiens. Plusieurs contacts n'ont pas apporté de réponses, malgré plusieurs relances et d'autres ont signifié ne pas pouvoir participer, par manque de temps (sur-sollicitations) ou manque de compétences (personnes non compétentes sur les aspects traitement ou processus en cours de modification). La liste initialement prévue a donc dû être revue.

Les entretiens réalisés sont présentés dans le tableau suivant. Deux retours d'expériences n'ont pas abouti à la rédaction d'une fiche de phase 3, les informations relatives au traitement étant insuffisantes. Les territoires européens ayant souhaité participer étant exclusivement des retours d'expérience en méthanisation, un territoire supplémentaire a été étudié en France : l'agglomération de Lorient, qui valorise ses biodéchets en compostage depuis plusieurs années.

**Tableau 16. Entretiens réalisés et fiches rédigées (phase 3).**

Ville	Entités enquêtées	Remarques
Stuttgart	Entretien avec la collectivité en charge de la collecte	Pas suffisamment d'informations sur la partie traitement =>pas de fiche
Murcia	Entretien avec la collectivité en charge de la collecte	Pas suffisamment d'informations sur la partie traitement, car programme de R&D en cours => pas de fiche, mais informations dans la partie bibliographique
Copenhague	Entretien avec la collectivité en charge de la collecte + échange complémentaire avec l'exploitant pour la partie traitement	Fiche I
Liège	Entretien avec la collectivité en charge de la collecte et du traitement	Fiche II
Genève	Entretien avec le service déchet du Canton	Fiche III
Uppsala	Entretien avec la collectivité en charge de la collecte et du traitement	Fiche IV
Bristol	Entretien avec la collectivité en charge de la collecte et avec l'exploitant de l'unité de traitement	Fiche V
Lorient (France)	Eléments bibliographiques + échanges avec le responsable déchets de la collectivité	Fiche complémentaire réalisée sur le territoire national, en l'absence de REX européens sur le compostage volontaires pour cette étude. Fiche VI

### 5. Présentation des fiches

Les principaux éléments décrivant les stratégies de ces retours d'expérience sont résumés dans le tableau ci-après.

Les 6 fiches rédigées sont présentées à la suite du tableau.

**Tableau 17. Stratégies de valorisation pour les 6 REX enquêtés.**

Ville	Entités en charge	Déchets acceptés	Mode de valorisation
<b>Copenhague</b> 643 000 hab.	Collecte et traitement en prestation de service par l'entreprise HCS	Consignes de tri : déchets alimentaires, essuie-tout, fleurs coupées Utilisation obligatoire de biosacs (fécule de maïs) 16 000 tonnes de DA	<b>Méthanisation</b> Voie humide continue – mésophile Prétraitement : tamisage, biopulpage et hygiénisation
<b>Liège</b> 600 000 hab. (agglo)	Collecte par la communauté de communes (INTRADEL) ou ponctuellement par les communes elles-mêmes. Traitement par la communauté de communes (INTRADEL)	Consignes de tri : déchets alimentaires, certains textiles sanitaires, litières et déchets verts 32 000 tonnes DA + 4000 tonnes DV criblés à 30 mm	<b>Méthanisation</b> Voie sèche continue (piston horizontal), thermophile Prétraitement : criblage rotatif à dents pour ouvrir les sacs, déferrailage
<b>Genève</b> 205 000 hab.	Collecte par la ville. Traitement en prestation de service (Services Industriels de Genève ou SIG)	Consignes de tri (2 flux distincts) : - DV - DA, gazon et fleurs fanées Utilisation de sacs compostables (OK compost) 10 000 tonnes de DA	Compostage DV <b>Méthanisation DA</b> Voie sèche (piston vertical) Prétraitement : déchiquetage, tri aéroulque des plastiques
<b>Uppsala</b> 230 000 hab.	Collecte et traitement par la collectivité via une SA détenue à 100 % par la municipalité)	Consignes de tri : Déchets alimentaires, essuie tout, fleurs coupées Utilisation obligatoire de sacs en papier 30 000 tonnes de DA  Autres déchets réceptionnés sur l'unité : déchets des abattoirs et autres producteurs 20 000 tonnes autres	<b>Méthanisation</b> Voie humide continue, thermophile Traitement des différents déchets sur plusieurs lignes  Prétraitement : pulpage, hygiénisation
<b>Bristol</b> 670 300 hab. (agglo)	Collecte par un prestataire (Bristol Waste Company) Traitement en prestation de service par l'entreprise GENeco	Consignes de tri : Déchets alimentaires des ménages et pros Tous types de sacs autorisés  55 000 tonnes de DA (dont 35 000 des ménages) Autres déchets réceptionnés : Boues de STEP (autre ligne)	<b>Méthanisation</b> 1 étape acide, 1 étape de digestion anaérobie mésophile Prétraitement : déconditionnement, broyage, hygiénisation
<b>Lorient agglo</b> 208 500 hab.	Collecte par Lorient Agglomération Traitement en prestation de service par GEVAL	Consignes de tri : Déchets alimentaires, vaisselle compostable, papiers et cartons souillés Utilisation de sacs biodégradables (OK compost) ou papier journal 8 000 tonnes de DA Autres déchets réceptionnés : DV broyés 2 200 tonnes	<b>Compostage (avec DV)</b> Fermentation en tunnel aérés et humidifiés (4 semaines) Maturation par Aération forcée en andains (2 semaines), affinage par déferrailage, criblage et tri aéroulque puis densimétrique  Prétraitement : criblage, ajout de structurant (DV)

## 5.1. Fiches retours d'expérience détaillés

## Contexte général

### Contexte national



Chaque région du Royaume du Danemark est une collectivité territoriale décentralisée constituant le 1<sup>er</sup> échelon de l'administration territoriale du pays (le second étant la commune).

#### • Généralité sur la politique énergétique du Danemark

Soucieux de réduire son empreinte carbone, le pays vise l'abandon complet du charbon et un mix énergétique 100 % renouvelable à l'horizon 2050. A la suite du choc pétrolier des années 1970, la sécurité énergétique est devenue une priorité politique du gouvernement qui a mis en place une politique de soutien propice au développement d'énergies alternatives (47 % de l'énergie fournie est d'origine éolienne, 25 % issue de la biomasse et 3 % solaire). Le pays mise également sur l'essor du biogaz et du biométhane pour atteindre la neutralité

carbone. Aujourd'hui, 100 % des véhicules qui roulent au gaz au Danemark roulent au bioGNV. Le développement des gaz verts, méthanisation, power-to-gas, méthanation ou hydrogène vert font partie intégrante de la stratégie énergétique du pays, dont 30 % de la consommation de gaz est déjà d'origine renouvelable. Dans cette volonté de réduire de ses émissions de CO<sub>2</sub>, de produire d'une énergie 100% renouvelable et de ramener les nutriments des zones urbaines vers les sols agricoles, le pays cherche entre autres une alternative aux centrales WTE (Waste-To-Energy) qui incinèrent les déchets ménagers et produisent de l'énergie renouvelable par cogénération sous forme de chaleur (fournie au chauffage urbain de la communauté environnante) et d'électricité (injectée dans le réseau). Suite à la réussite des programmes de réduction des déchets, plusieurs centaines de milliers de tonnes de déchets ont été importées d'Europe occidentale pour les besoins de ces centrales (375 000 en 2015).

#### • La méthanisation au Danemark

La production agricole est un des piliers de l'économie danoise, avec des élevages performants et orientés vers l'export. Cette importante activité rurale et agraire, associée aux objectifs énergétiques et environnementaux, a favorisé le développement de la méthanisation, dans un premier temps via de petites unités de méthanisation au sein des exploitations agricoles. Le Danemark a choisi un modèle de méthanisation centralisée pour produire de plus grandes quantités de biogaz avec l'objectif de remplacer pour 2030, 15 à 20 % du gaz naturel par du biogaz. La stratégie adoptée est de déployer des centrales de production de biogaz desservant 100 à 250 fermes situées dans un rayon de 20 à 30 km et à une distance économiquement intéressante d'un gazoduc.

En lien avec ce modèle de méthanisation centralisée, les unités de méthanisation traitant des déchets organiques fonctionnent essentiellement en co-digestion (mélange de déchets agricoles, ménagers ou industriels).

La montée en puissance de la filière de méthanisation au Danemark a fait grimper les montants alloués à la filière sur ces dernières années. Un système d'appels d'offres vise à limiter à la fois les tarifs d'achat de biométhane et les subventions liées aux investissements. Ainsi, il est prévu que :

- des appels d'offres limitent la capacité installée sur la base d'un montant maximum d'environ 32 M€ par an ;
- les tarifs d'achats soient accordés pour 20 ans lors d'appels d'offres avec un prix plafond ;
- les sites inscrits au registre d'Energinet (gestionnaire du réseau de transport danois de gaz et d'électricité) puissent vendre leurs garanties d'origine en Allemagne et Autriche ;
- des subventions soient accordées aux lauréats des appels d'offres dont les montants restent à définir ;
- les sites de biométhane qui réservent leur gaz pour le transport soient exonérés de taxe CO<sub>2</sub> et de taxe énergétique.

#### • Réduction des déchets et gestion des biodéchets au Danemark

Le Danemark a lancé une stratégie « Danemark sans déchet » en 2013. Un des objectifs était de valoriser 25 % des déchets verts pour l'énergie à l'horizon 2018. Il s'est également fixé comme objectif de valoriser 50 % des déchets ménagers d'ici 2022 en ciblant 7 flux (biodéchets, papier, carton, verre, plastique, bois et métal).

Le Danemark produit environ 1 200 000 tonnes de déchets alimentaires chaque année (environ 450 000 tonnes proviennent des ménages). La quantité de déchets alimentaires des ménages a diminué de 14 000 tonnes de 2011 à 2017. La collecte séparée des déchets alimentaires est obligatoire au Danemark depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2021. Avant cela elle était largement encouragée par des mesures incitatives telles que : la taxation de l'incinération et de l'enfouissement, la mise en place d'une politique de tarifs d'achat pour la production d'énergie renouvelable.

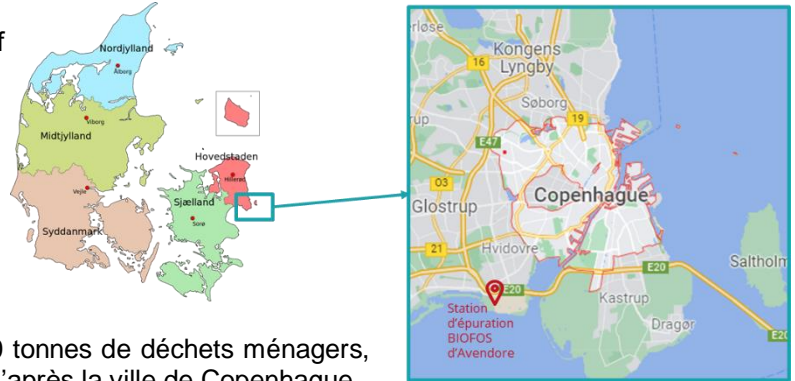
## Le territoire en quelques mots

Copenhague est la capitale et la plus grande ville du Danemark. Elle est le siège du parlement national, du gouvernement et de la monarchie danoise, et le cœur industriel et financier du pays.

La commune comptait 643 000 habitants environ en 2021 et l'agglomération, le Grand Copenhague, 1 320 628 en 2019. La densité de population au niveau de la ville est de 7 064 hab./km<sup>2</sup> et 436 hab./km<sup>2</sup> au niveau de l'agglomération. L'habitat collectif représente 90 %.

Le niveau de vie y est très élevé. Portée par l'objectif municipal de parvenir à la neutralité carbone d'ici 2025, la ville est marquée par le développement des cleantechs, des transports en commun et de l'usage du vélo.

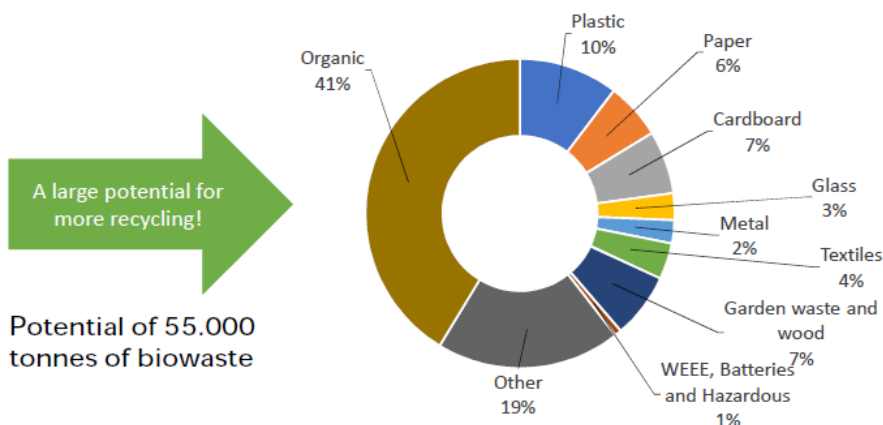
Copenhague est l'une des 29 communes de la région de Hovedstaden. La communauté urbaine de Copenhague ou Grand Copenhague regroupe 18 communes de la périphérie de Copenhague.



En 2020, les habitants produisent environ 200 000 tonnes de déchets ménagers, dont un potentiel de 55 000 tonnes de biodéchets d'après la ville de Copenhague.

Dans son plan de gestion des ressources et des déchets de 2018, Copenhague s'était fixé pour objectif de trier au moins 27 500 tonnes de déchets ménagers organiques. Un programme de collecte à l'échelle de la ville a été lancé en 2017, avec la distribution d'une poubelle pour la collecte des matières organiques aux 300 000 ménages de Copenhague. En 2018, la ville constatait déjà les résultats suivants : 5 000 tonnes de déchets organiques ont été collectées auprès des ménages au premier trimestre 2018, dépassant ce qui a été collecté sur l'ensemble de 2017.

Waste composition residual waste Copenhagen 2016



A large potential for more recycling!

Potential of 55.000 tonnes of biowaste

L'actuel plan de gestion des ressources et des déchets de Copenhague pour 2024 fixe 3 objectifs principaux :

- Le recyclage de 70 % des déchets ménagers et assimilés ;
- Réduire de 59 000 tonnes les émissions de CO<sub>2</sub> via la valorisation des biodéchets en biogaz et l'évitement de l'incinération pour les plastiques. Pour les biodéchets, le but est ainsi de valoriser 38 500 tonnes pour atteindre une réduction de 6 000 tonnes de CO<sub>2</sub> ;
- Multiplier par 3 le réemploi.

Plusieurs sous-objectifs en lien avec les biodéchets sont mis en avant dans ce plan : offrir à tous les habitants de Copenhague la possibilité de trier les déchets (y compris la fraction organique), rendre obligatoire la collecte des biodéchets grâce à l'utilisation de conteneurs à deux compartiments (biodéchets et déchets résiduels), mise en place d'une usine de biogaz à proximité de la ville et développement de la coopération pour les opérations de bioraffinage. La ville de Copenhague a la charge de la collecte des déchets ménagers de la ville. Les biodéchets sont acheminés vers une unité de pré-traitement qui les transforme en bio-pulpe. La pulpe est ensuite dirigée vers une unité de méthanisation pour la production de digestat et de biogaz. Une seule société a le marché pour les différentes opérations (transport, pré-traitement, méthanisation), il s'agit de HCS.

## Gestion des biodéchets

### Consignes de tri

La collecte séparée des biodéchets a été initiée en 2015 pour les usagers en habitat individuel, par la ville de Copenhague qui en est la responsable. Elle a été étendue à l'habitat collectif en 2017.



Les habitants de Copenhague sont invités à trier leurs déchets selon 11 flux différents. Les déchets alimentaires doivent obligatoirement être conditionnés dans des biosacs en fécule de maïs, remis aux usagers. Les habitants de maisons individuelles récupèrent des biosacs directement auprès des éboueurs. Pour l'habitat collectif, les biosacs sont distribués par le gestionnaire d'immeuble. La ville met également à disposition des usagers, des bioseaux ajourés de 15 L.

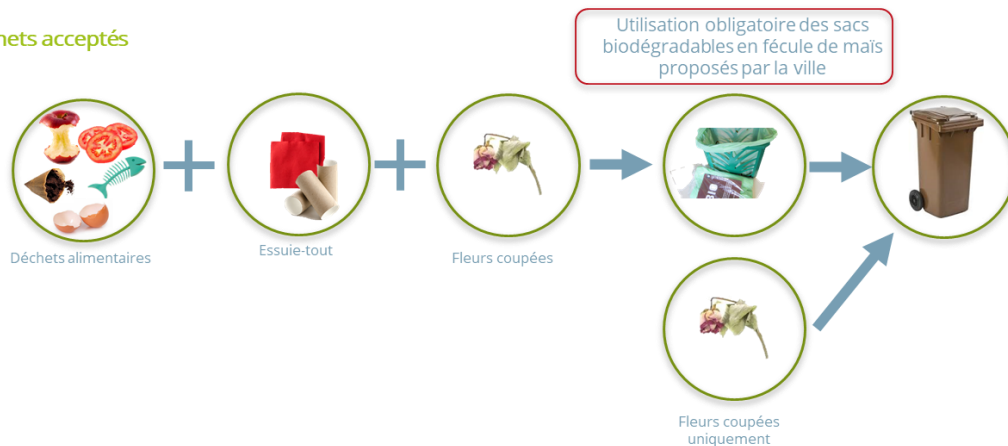
Plusieurs recommandations sont faites à propos de ces sacs : ils doivent être fermés (pour limiter les odeurs) et si nécessaires doublés (si les déchets sont très humides). Aucun déchet ne doit être mis en « vrac » à l'exception : des fleurs coupées, des feuilles de maïs et de rhubarbe par exemple. Aucun autre sac plastique ne doit être utilisé.

Les déchets autorisés sont les suivants :

- Riz, pâtes et produits du petit-déjeuner ;
- Viande, charcuterie, poisson et os ;
- Pain et gâteaux ;
- Fruits et légumes ;
- Sauce et gras ;
- Œufs et coquilles d'œufs ;
- Noix et coquilles de noix ;
- Marc de café et filtres à café ;
- Feuilles de thé et filtres à thé ;
- Essuie-tout usagé et rouleau d'essuie-tout usagé ;
- Fleurs coupées.

Les déchets suivants ne sont pas acceptés : Terre, litière pour animaux (par exemple litière pour chat et paille de lapin), gaspillage alimentaire sous emballage, plantes en pot.

#### Déchets acceptés



Concernant la gestion de proximité, un composteur domestique peut être fourni par la ville sur demande, mais celui-ci ne peut remplacer la collecte séparée des biodéchets ; les deux solutions sont complémentaires.

## Collecte

La collecte des ordures ménagères est assurée par la ville qui fait appel à des prestataires. La collecte séparée des biodéchets a débuté en 2015 en habitat individuel et s'est généralisée à l'habitat collectif en 2017. C'est donc 100 % de la population qui est desservie aujourd'hui.

Les habitants sont invités à mettre les biosacs verts dans le conteneur roulant à couvercle marron (120 L en pavillonnaire, 190 L à 400 L en collectif). Le parc de conteneur se renouvelle progressivement et les nouveaux ménages sont équipés avec des conteneurs bi-compartmentés (OMR et biodéchets). Le remplacement des bacs uniques vers des bacs compartimentés se fera entre 2021 et 2023 et répond à un problème d'espace en raison des nombreux contenants de collecte (11 flux triés séparément).

La collecte s'effectue en porte-à-porte, de manière hebdomadaire de juin à août et bi-hebdomadaire le reste de l'année. L'utilisation des nouveaux bacs bi-compartmentés va rendre la collecte hebdomadaire, les OMR étant collectées à cette fréquence.

Les déchets verts sont collectés mensuellement en porte-à-porte de mars à novembre ou en apport volontaire en déchèterie.



## La filière de traitement actuelle

Les déchets alimentaires de Copenhague collectés sont transportés vers une usine de pré-traitement qui les transforme en bio-pulpe. Cette bio-pulpe est acheminée vers une unité de méthanisation qui produit du biogaz et du digestat. Le biogaz est ensuite utilisé pour la génération d'électricité, de chaleur ou comme carburant. Le digestat est utilisé en agriculture.

C'est la société HCS qui a remporté le marché et qui prend en charge l'ensemble des étapes de traitement, à savoir : transport, pré-traitement et méthanisation. L'unité de pré-traitement se situe à 10 km du centre-ville de Copenhague tandis que la méthanisation est réalisée à 80 km de la capitale.



## Déchets réceptionnés sur l'unité de pré-traitement

La collecte des déchets alimentaires a couvert toute la ville à partir de 2018 et les quantités collectées augmentent d'année en année de 500 à 1 000 tonnes par an. En 2020, 16 000 tonnes de biodéchets ont été collectées.

La qualité du tri est très bonne à Copenhague puisque les biodéchets collectés contiennent effectivement 97 % de déchets alimentaires. Les erreurs de tri les plus courantes sont les emballages alimentaires.

## Pré-traitement et production de bio-pulpe

Les déchets sont prétraités dans une usine se situant à une dizaine de kilomètres du centre de Copenhague, appartenant à la société HCS. Le site réceptionne 16 000 tonnes de déchets. Les déchets entrants sont composés de 30 à 35 % de matière sèche.

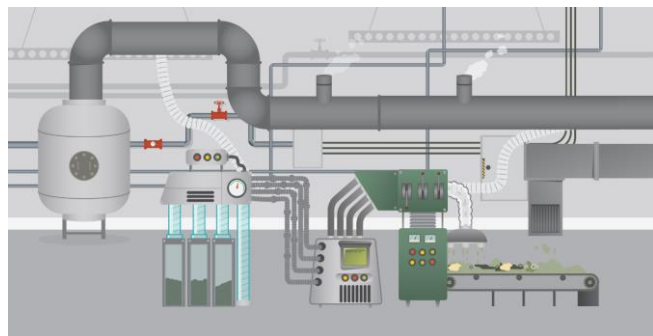
Dans un premier temps les déchets font l'objet d'un premier tri par tamisage afin de retirer les corps étrangers que sont : le verre, le métal et le plastique non compostable. Cette séparation concerne également certains déchets organiques qui sont plus difficilement broyables : bouchons de liège, coques, certains sachets compostables, etc. In fine, ce sont 15 à 20 % des déchets qui sont refusés. Parmi ces refus 60 à 80 % correspondent à des déchets organiques (principalement les sacs biodégradables) et le reste relève des erreurs de tri. Le refus est envoyé en incinération. A l'avenir, la ville de Copenhague souhaiterait que les déchets organiques présents dans le refus puissent être traités en parallèle, par compostage par exemple.



Une seconde étape consiste à diluer les déchets en les mélangeant avec de l'eau. Ainsi ajoutée, l'eau permet de réduire le taux de matière sèche à 17 %, ce qui permet d'obtenir une pulpe de bonne qualité. La quantité d'eau ajoutée est donc équivalente à la quantité de déchets.

Ensuite, les déchets sont hygiénisés.

Enfin, les déchets sont acheminés vers le pulpeur qui les broie. A l'issue de ce process, il est obtenu une pulpe uniformément pompable.



L'unité de méthanisation comprend un procédé de traitement des odeurs.

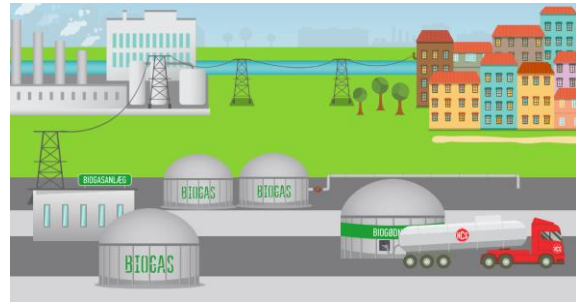
## Méthanisation de la bio-pulpe

Le site de méthanisation est localisé à 80 km du centre-ville de Copenhague sur un site également géré par HCS. La pulpe est transportée par camion-citerne.

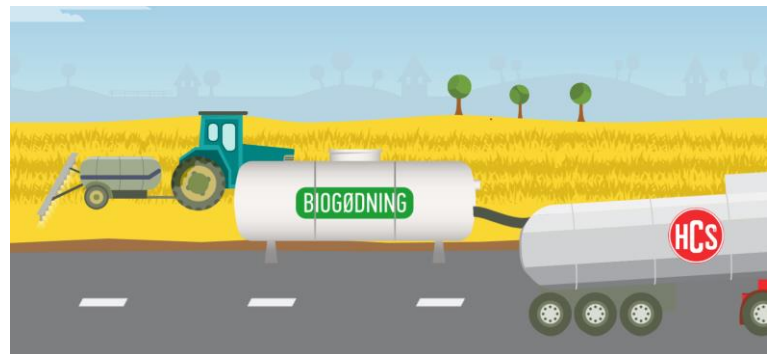
L'unité de méthanisation utilise un procédé en voie humide continue et mésophile. La bio-pulpe séjourne 20 j dans un seul réacteur. Une nouvelle étape d'hygiénisation de la bio-pulpe est réalisée. Bien que théoriquement non imposée réglementairement, puisqu'une hygiénisation est pratiquée sur le site de pré-traitement, l'exploitant a fait ce choix pour rassurer par rapport à d'éventuelles contaminations ou évolutions qui pourraient avoir lieu durant le transport.

La méthanisation de la bio-pulpe permet la production de 2 sous-produits :

- Le biogaz (valorisation énergétique) : l'unité de méthanisation permet la production de 78 à 84 m<sup>3</sup> de biogaz par tonne de déchet. Cela constitue un rendement assez élevé même si le potentiel est de 90 à 95 m<sup>3</sup>). Le biogaz est traité afin de séparer le dioxyde de carbone pour obtenir un gaz composé de 100 % de méthane. Le biogaz est ensuite injecté dans le réseau de gaz naturel et utilisé pour la production d'électricité, de chaleur et de biocarburant ;



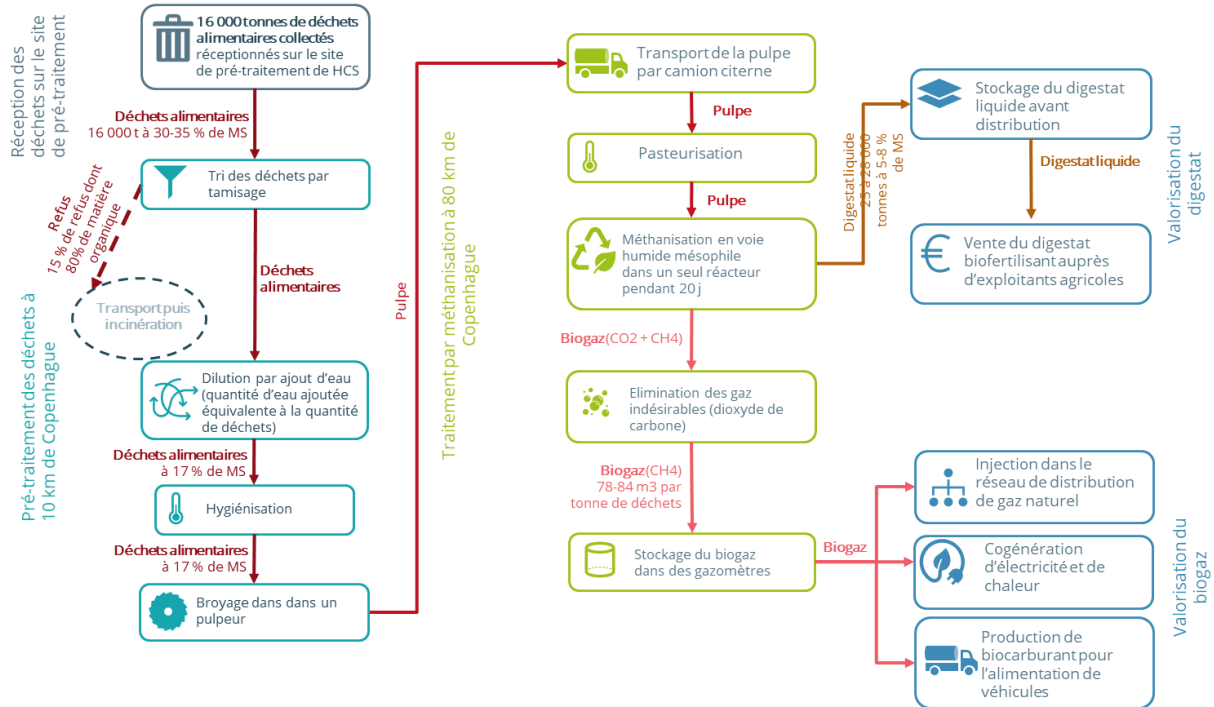
- Le digestat (valorisation agronomique). Pour 14 000 tonnes de déchets, 25 000 à 28 000 tonnes de digestat sont obtenus. Ce digestat possède une teneur en matière sèche de l'ordre de 5 à 8 %. Le digestat produit est vendu à des agriculteurs via des contrats. Copenhague privilégie l'agriculture biologique. La qualité du fertilisant produit est bonne et il produit moins d'odeur que le fumier.



Copenhague participe également à des travaux de recherche de bioéconomie circulaire en collaboration avec l'université technique. Ces travaux concernent la production d'acides lactiques, de protéines et d'autres composants chimiques à partir de la pulpe. A l'heure actuelle la synthèse de ces composés s'effectue en laboratoire mais pas à échelle industrielle.

## Schéma synthétique du traitement

### Schéma traitement - Copenhague



## Données économiques

Le fait de passer par une société qui réalise toutes les étapes du traitement (pré-traitement, transport et méthanisation) a permis d'obtenir un bon prix lors de la passation du marché. Le processus de traitement complet des biodéchets (transport compris) revient ainsi à environ 40 € par tonne de déchets. Cela est relativement faible dans la mesure où l'incinération de ces mêmes déchets revenait à 54 € par tonne, tandis que l'incinération des déchets plastiques représente un coût de 403 € par tonne.

La méthanisation permet ainsi de réduire les coûts de traitement des biodéchets par rapport à l'incinération, en revanche, la collecte séparée des biodéchets représente un coût supplémentaire.

## Bilan global

### Points forts / Atouts

- Selon une enquête de la ville, 80 % de la population se dit favorable au tri des déchets. Ce taux est élevé compte tenu du milieu bâti très dense et des nombreux flux collectés en porte-à-porte (11 en tout).
- La mise en avant du principe d'économie circulaire : biogaz utilisé pour la production d'électricité, digestat liquide utilisé comme fertilisant sur les terres agricoles. Le digestat est de bonne qualité et bien accepté par les agriculteurs.
- L'existence d'un projet de recherche pour extraire d'autres sous-produits utiles du biogaz et du digestat (protéines, acide succinique, acide lactique, etc.).
- L'optimisation des coûts du fait d'avoir un prestataire gérant la totalité de la filière.

### Points faibles / Verrous / Limites

- Des quantités collectées en dessous des objectifs fixés (38 500 tonnes souhaitées en 2024 alors que les tonnages collectés sont de 14 000 en 2019 et 16 000 tonnes en 2020) et qui ne reflètent pas la bonne volonté de la population affichée dans l'enquête. La non-participation des ménages n'est pas documentée de sorte qu'il est difficile de savoir les points qui peuvent être améliorés.
- Absence de visibilité sur les débouchés et le modèle économique de l'unité de traitement (gérés par l'entreprise en charge de la méthanisation).
- Copenhague prévoyait de construire une installation de méthanisation afin de minimiser les distances de transport et assurer une utilisation optimale des biodéchets collectés, dans une logique d'économie circulaire. Toutefois, l'investissement dans ce type d'activité n'est pas autorisé par la loi danoise pour les communes (le recyclage doit faire l'objet d'une concurrence).

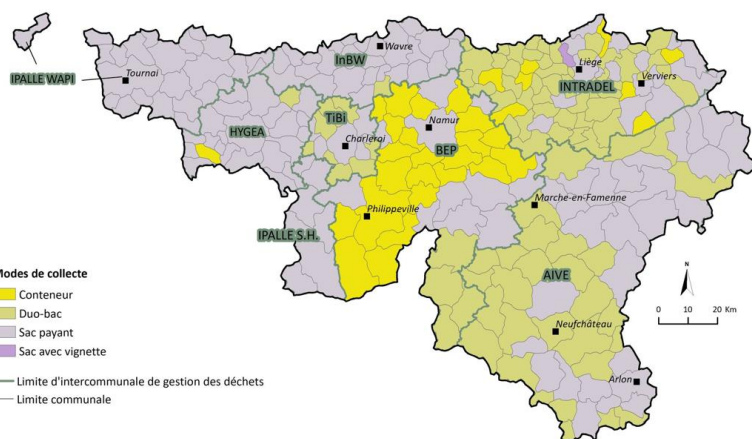
### Recommandations

- Les échanges avec les entreprises en charge du traitement sont essentiels. Multiplier ces échanges permet d'améliorer le service, mais permet également à ces entreprises d'améliorer leurs process. La ville de Copenhague juge que les échanges avec HCS et avec les universités (pour les travaux de recherches) sont très enrichissants.
- La facilitation du geste du tri est essentielle pour l'adhésion de la population (utilisation de bioseaux et de sacs biodégradables).

## Contexte général

### Contexte national et régional

Chaque région administrative de Belgique (Région de Bruxelles au centre, Région flamande au nord, et Région wallonne au sud), comme un état fédéré, possède son gouvernement et son parlement. Le fédéralisme belge est bâti sur le concept de l'équipollence des normes ce qui signifie qu'un « décret » ou une loi votée par un Parlement régional dans le domaine des compétences régionales ne peut pas être contredit par une loi nationale. De plus, comme les compétences des entités fédérées leur sont exclusives sur leur territoire, une même compétence ne peut pas être détenue à la fois par les entités fédérées et par l'État belge.



\* Poubelle tout-venant

REEW - Source : SPW Environnement - DSD

© SPW - 2020

En Wallonie, sept intercommunales de gestion des déchets assurent les collectes sélectives des déchets ménagers et gèrent les recyparcs<sup>3</sup> sur leur territoire.

### La majorité des communes respectent le coût-vérité

En vertu du décret du 27/06/1996, les communes

wallonnes doivent répercuter la totalité des coûts de gestion des déchets ménagers sur les bénéficiaires, via l'établissement de règlements-taxes communaux, c'est le principe du coût-vérité. Le taux de couverture du coût-vérité se calcule annuellement, sur base du budget de la commune, en divisant l'ensemble des recettes prévisionnelles liées à la gestion des déchets ménagers par l'ensemble des dépenses concernées. Le taux obtenu doit se situer entre 95 % et 110 %.

### Une structure de tarification, 262 règlements-taxes différents

La tarification de la gestion des déchets ménagers comprend une partie forfaitaire pour financer le service minimum (collecte et traitement d'une certaine quantité de déchets, accès aux recyparcs...) et une partie variable proportionnelle soit :

- au volume de déchets collectés pour les communes ayant recours à des sacs payants/sacs avec vignette (53 % des communes wallonnes et 67 % de la population wallonne en 2018) ;
- au poids des déchets collectés et/ou des levées supplémentaires pour les communes ayant recours à des duo-bacs/conteneurs (47 % des communes wallonnes et 33 % de la population wallonne en 2018).

La mise en place d'une structure unique de tarification garantit l'uniformité du niveau de qualité des services disponibles sur l'ensemble de la Wallonie. Cependant, l'établissement du coût de ces services est très variable d'une commune à l'autre.

La collecte sélective en porte-à-porte a commencé en 2009 et a progressivement été étendue à tout le territoire. La généralisation de la collecte sélective des déchets organiques est un objectif qui devra être atteint prochainement en Wallonie. Elle était prévue initialement pour 2025 dans le cadre du Plan wallon des déchets-ressources (PWD-R) mais la révision de la directive-cadre déchets a réduit le délai à la fin de l'année 2023. Deux systèmes de collecte sélective des déchets organiques coexistent en Wallonie : La collecte sélective en porte à porte et points d'apport volontaire enterrés.

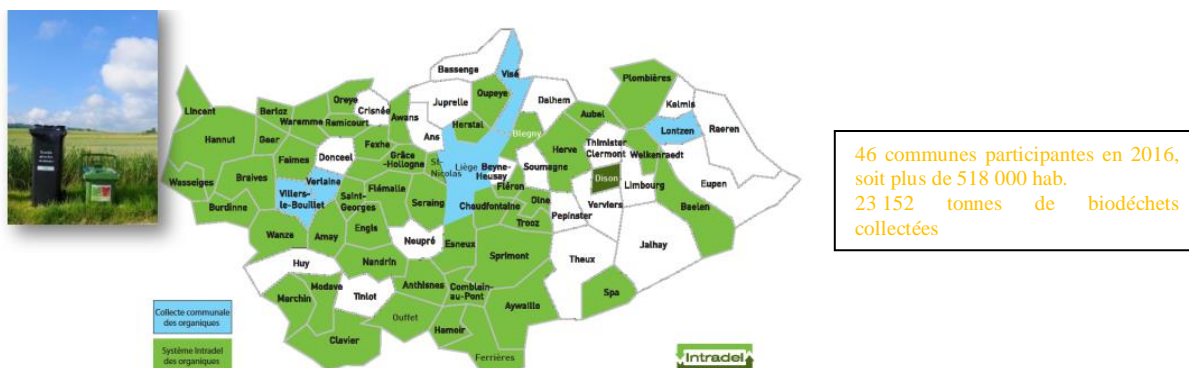
<sup>3</sup> Déchèterie

## Le territoire en quelques mots

Liège est le chef-lieu de la province de Liège, une des 5 provinces de la région wallonne, et la capitale économique de Wallonie. La ville compte 197 217 habitants en 2020. Avec environ 700 000 habitants, l'agglomération est la troisième de Belgique après celles de Bruxelles et Anvers.

Intradel est une association intercommunale qui regroupe aujourd'hui 72 communes de la Province de Liège. Elle apporte un service complet de gestion des déchets ménagers et assimilés à plus d'un million d'habitants : prévention, réutilisation, collecte, tri, recyclage, valorisation et élimination, le tout dans le respect des législations européennes, belges et régionales.

Les communes ont la compétence collecte. Toutefois, elles font de plus en plus appel à des prestataires privés ou à Intradel pour réaliser la collecte des déchets ménagers et autres collectes sélectives. Intradel exerce par ailleurs la compétence traitement.



La ville de Liège n'est pas encore soumise à l'obligation de collecte des déchets organiques. Toutefois, 30 à 40 000 habitants sur les 200 000 habitants de la ville (soit 20 000 foyers environs) sont collectés sur la base du volontariat. Sur le périmètre global d'Intradel, 518 000 habitants participaient en 2016 à la collecte sélective des déchets organiques avec une collecte principalement gérée par Intradel et plus ponctuellement par les communes (cf. carte ci-dessus). Aujourd'hui, Intradel indique que près de 650 000 habitants sont collectés.

Selon une étude réalisée en Wallonie en 2020, les communes organisant une collecte sélective de déchets organiques collectent en moyenne 44 kg/hab./an d'ordures ménagères brutes de moins que celles qui n'en organisent pas. Le ratio de déchets organiques collectés par Intradel étant de 40 kg/hab./an, il est considéré que les collectes sélectives permettent de collecter l'essentiel des déchets organiques.

## Gestion des biodéchets

### Consignes de tri

Les déchets collectés ciblés par la collecte sélective sont principalement les déchets de cuisine et quelques autres déchets tels que : papiers gras, cartons gras (ex. boîte à pizza), petits déchets verts d'appartement (ex. fleurs). En milieu semi-urbain les déchets de tontes et de tailles de haie sont aussi collectés (d'avril à octobre) et représentent 10 % des déchets organiques des ménages collectés annuellement.

Les couches pour enfants étaient initialement acceptées car à l'origine riches en matière cellulosique. Depuis, la composition de ces déchets a évolué pour tendre vers davantage de composés chimiques non biodégradables. Déjà retirés des consignes de tri pour un tiers des communes de l'intercommunale depuis janvier 2019, ces déchets devraient prochainement être totalement interdits en 2022. Ce déchet représente plus de 20 % des déchets organiques des ménages.

### Trucs & Astuces

**Visiez une meilleure gestion de votre conteneur vert !**

**Comment éviter les odeurs ?**

- Emballez vos déchets alimentaires dans du papier journal, des sachets de pain ou des sacs biodégradables.
- Couvrez vos déchets alimentaires de bicarbonate de soude, de vinaigre ou de feuilles et autres déchets de jardin.
- Rincez régulièrement votre conteneur avec une solution de vinaigre et d'eau chaude.

**Comment éviter les asticots ?**

- Emballez les déchets délicats (viande et poisson) en petite quantité.
- Saupoudrez vos déchets de sel ou de vinaigre.

**Comment éviter que les déchets ne collent dans le fond du conteneur ?**

Disposez quelques feuilles de papier journal froissées dans le fond du conteneur et emballez vos déchets alimentaires dans du papier journal, des sachets de pain en papier ou des sacs biodégradables.

• Votre conteneur restera plus propre et vous éviterez que la nourriture ne gèle et ne colle au conteneur en hiver.

**Où dois-je ranger mon conteneur vert ?**


Évitez de laisser votre conteneur vert à l'extérieur. S'il ne vous est pas possible de le rentrer, placez-le à l'ombre.

**À quelle fréquence dois-je sortir mon conteneur vert ?**

N'hésitez pas à présenter votre conteneur vert régulièrement en été (1 semaine sur 2 ou même chaque semaine en cas de forte chaleur). En hiver, vous pourrez attendre plus longtemps et ne sortir votre conteneur que lorsque ce dernier sera rempli.


**Comment puis-je m'assurer qu'un sac est biodégradable ?**

Il doit être muni du logo "OK compost".




### Collecte des déchets organiques

**Déchets de cuisine**




Marc de café et sachets de thé, épluchures et coquilles, aliments périmés

**Petits déchets de jardin**




Herbes, plantes d'appartement, fleurs fanées, déchets végétaux de jardin

**Autres déchets**




Cartons de pizza, bâtons de glaces (genre frites), essuie-tout, nappes et mouchoirs en papier, nitures biodégradables

**OU**



**INTERDIT - À trier comme suit :**


**Déchets résiduels**



Litière minérale, Coton-tige, Déchet hygiène intime, Sac d'aspirateur, Sac bleu

**Consignes à suivre :**

Les emballages non biodégradables n'ont pas leur place dans le sac organique, seuls les sacs ayant le logo ci-contre sont autorisés



Si la communication précise que les sacs compostables ou biodégradables sont à privilégier (selon le label OK compost Home), leur utilisation ne constitue pas une condition d'acceptation des déchets. En effet, les déchets organiques sont également acceptés en vrac dans les bacs de collecte, ou dans des sacs plastiques ou tout autre contenant. L'unité de traitement comporte en effet une étape d'ouverture des sacs et criblage pour séparer les sacs du flux valorisé. Toutefois, Intradel considère que l'utilisation privilégiée des sacs compostables ou biodégradables évite le passage de particules plastiques au travers du crible qui se retrouvent in fine dans les digestats.

## Déchets acceptés



### Collecte

La Ville de Liège propose depuis 2011 un service de collecte des déchets organiques (restes de repas, épluchures, tontes de pelouse...) en porte à porte et sur la base du volontariat. A ce jour, près de 40 000 habitants participent à la collecte sélective soit seulement 20 % de la population de la ville.

La ville de Liège propose aussi aux habitants de composter à domicile leurs déchets organiques (fruits, légumes, fleurs fanées, marc de café, déchets de jardin, etc.) pour ceux disposant d'un jardin ou la pratique du lombricompostage pour les autres. Elle propose des formations gratuites aux bonnes pratiques et pour devenir « éducomposteur » et ainsi être des personnes-relais sur le terrain. La ville tente de motiver les habitants à la gestion de proximité en argumentant d'une part, sur les économies qu'ils feront s'ils produisent moins de déchets organiques (en rappelant que les déchets organiques représentent environ 45 % du poids et 30 % du volume de leurs poubelles), et d'autre part, sur la possibilité de réutiliser le compost qu'ils produiront.

La collecte de la ville de Liège est assurée par l'intercommunale Intradel. Après en avoir fait la demande, les habitants de Liège disposent d'un conteneur « vert » d'une capacité de 40, 140 ou 240 litres selon la taille du foyer (1, 2 ou plus de 2 personnes).

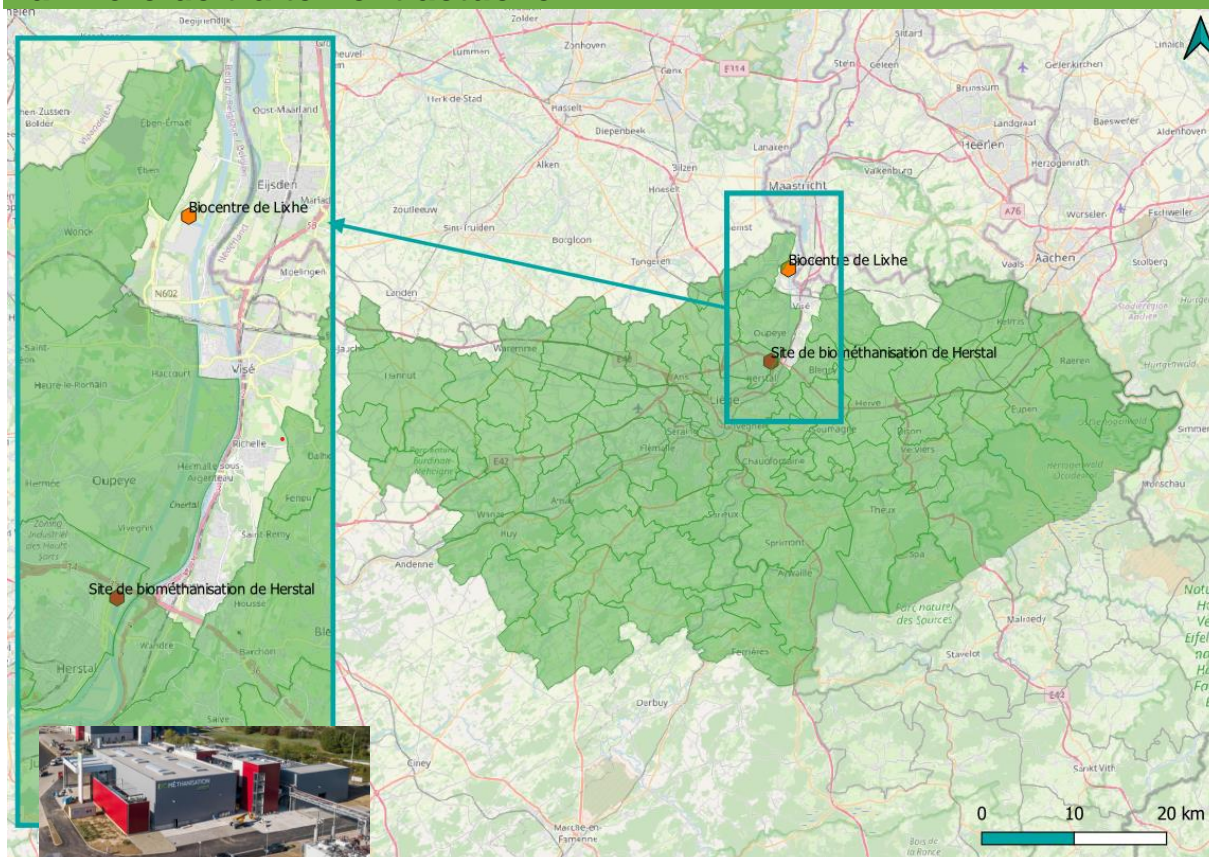
Dans les villes où la collecte est obligatoire et où le prix de la taxe est indexé sur la quantité de déchets collectés, ces bacs sont munis d'une puce nominative qui permet à Intradel d'enregistrer les quantités collectées pour chaque foyer et de les transmettre à la commune pour qu'elle applique son système de tarification. La ville de Liège n'étant pas soumise à l'obligation de collecte, les bacs n'y sont pas munis de cette puce. Cette collecte est réalisée de manière hebdomadaire, en camion bi-compartmentée, avec les OMR (bacs noirs de 40 à 240 litres).



Des agents d'Intradel suivent la qualité du tri en inspectant directement le contenu des poubelles de déchets organiques. S'ils constatent des non-conformités, ils l'indiquent par un drapeau de couleur rouge qu'ils apposent sur les bacs. Après 3 avertissements, l'agent appose un drapeau noir et le bac est scellé. Le foyer doit alors faire une démarche auprès d'Intradel pour pouvoir à nouveau participer à la collecte et ainsi ne pas être financièrement pénalisé (cas des communes où la collecte est obligatoire). Un drapeau orange peut également être apposé pour permettre à Intradel un suivi de l'état du parc de bacs avec notamment le suivi du fonctionnement de la puce, du système de fermeture des bacs, de l'état des roulettes...

Intradel collecte en moyenne 40 kg/hab./an de déchets organiques par usager desservi. Ce ratio évolue dans le temps : Intradel a constaté que la quantité de déchets organiques des ménages collectés augmente les 6 premiers mois puis diminue pour finalement se stabiliser à 70-80 % de la quantité collectée au plus haut de la contribution des ménages.

## La filière de traitement actuelle



Collectés depuis 2009, les déchets organiques étaient initialement traités sur différentes unités de traitement. Depuis 2019, ils sont valorisés sur le site de biométhanisation de Herstal situé à proximité de Liège. Ce lieu d'implantation est stratégique : proximité avec l'unité de valorisation énergétique Uvélia qui traite les déchets ménagers résiduels et les lieux de collecte. Avec la mise en place de collectes par camions bi-compartmentés, ceci permet de réduire significativement les distances parcourues. A noter la proximité de l'usine au canal Albert, qui n'a toutefois pas été particulièrement problématique : Intradel a simplement dû mettre en place des rétentions suffisantes comme pour n'importe quelle unité de méthanisation.

Le projet a commencé en 2010 avec une première réflexion sur un cahier des charges qui a permis d'aboutir fin 2011-début 2012 à celui destiné à la construction du projet. Ces 3 premières années ont permis à Intradel d'avoir une meilleure connaissance du gisement (quantité et qualité) qui faisait l'objet du projet. A l'issue d'un appel d'offres qui n'imposait pas de technologie en particulier, le choix du candidat s'est basé sur les éléments suivants : la capacité de traitement, l'optimisation de l'emprise au sol, la possibilité d'échanges énergétiques avec Uvélia pour valoriser une partie de la chaleur produite par l'incinérateur et la possibilité de produire un digestat à 40 % de matière sèche et hygiénisé. A la suite de la désignation du candidat, Intradel a dû faire face à 5 ans de procédure où certains candidats évincés ont remis en question la forme de l'AO et entamé une procédure d'annulation. Ainsi, malgré un permis de capacité de traitement obtenu en 2015, le premier déchet n'a pu être réceptionné qu'en juin 2019.

Malgré un développement de projet qui a duré près de 8 ans, la filière n'a pas subi de modifications majeures entre le choix fait en 2012 et l'unité construite et en exploitation depuis 2019.



Le site de Herstal réceptionne et traite les déchets organiques ménagers par méthanisation. La valorisation du biogaz est faite sur site tandis que la valorisation organique du digestat produit est faite sur une unité de compostage à une quinzaine de kms de Liège pour éviter tout risque de nuisances olfactives et faciliter l'accès aux exploitants agricoles. La marche industrielle du site a été validée en 2020. La réception définitive n'a pas encore eu lieu du fait de problèmes techniques notamment au niveau de la préparation du digestat.

L'Unité de biométhanisation a été dimensionnée de la manière suivante :

- Capacité de réception et de traitement pour 1 000 000 d'habitants soit 40 000 tonnes de déchets organiques ménagers réceptionnés par an et 32 000 tonnes traitées par an.  
 Le dimensionnement a été réalisé en 2015 sur la base des hypothèses suivantes : 20 % d'indésirables et 4 000 tonnes de déchets verts calibrés.
- Production de 3 600 000 de Nm<sup>3</sup> de biogaz à 55 % de CH<sub>4</sub> par an soit :
  - 7 200 000 kWh électriques par an injectés sur le réseau (équivalent à la consommation de 1 100 ménages) ;
  - 7 500 000 kWh de chaleur par an récupérée et utilisée directement sur le site pour chauffer le digesteur et sécher le digestat (Uvélia fournissant le complément de chaleur nécessaire, soit 20 000 000 kWh/an).
- Production de 14 000 tonnes de digestat sec soit 10 000 tonnes de compost (équivalent de 600 ha de champs amendés)

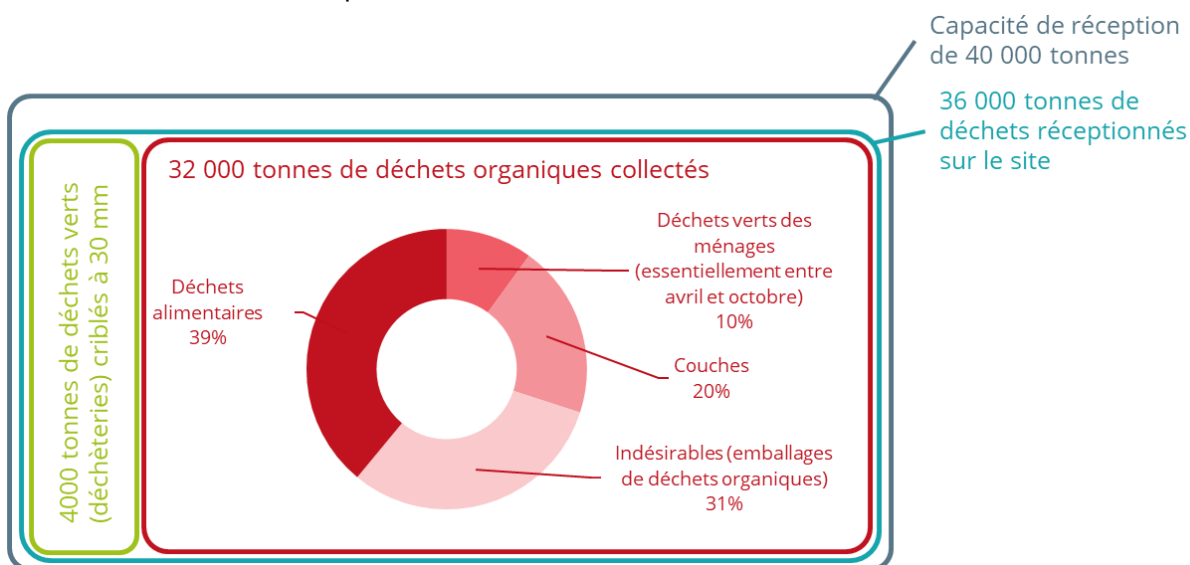
A ce jour, les déchets organiques de près de 600 000 habitants sont collectés sur un rayon d'une centaine de kilomètres. Le site réceptionne 32 000 tonnes de déchets organiques.

## Déchets réceptionnés sur le site de Herstal

A l'arrivée sur le site de Herstal, les déchets sont déchargés au sol et repris par un chargeur. La zone de réception est de 150 m<sup>2</sup> (capacité de stockage correspondant à 2 jours de réception). Le site réceptionne 32 000 tonnes de déchets organiques collectés auprès des ménages. Ces déchets organiques sont composés de 10 % de déchets verts des ménages (tolérés), 20 % de couches culottes (encore acceptées) et de 31 % d'indésirables constitués d'emballages plastiques (contre 20 % initialement dimensionnés), de sacs poubelles de protection des bacs contre les salissures, de sacs des poubelles de tables, d'erreurs de tri. Parmi ces erreurs de tri, Intradel a constaté de nombreux déchets de salle de bain (ex. tube de dentifrice, support de médicaments) a priori due à une mauvaise communication définissant les déchets acceptés comme étant « tout ce qu'on peut mettre en bouche ». Malgré des messages rectificatifs, cette erreur de tri demeure fréquente.



Intradel récupère également 4 000 tonnes de déchets verts criblés à 30 mm auprès des déchèteries pour la préparation du mélange de déchets à incorporer dans le procédé de méthanisation. Ce flux de déchets plus pauvre en azote que les déchets de cuisine collectés est utilisé par Intradel pour diminuer la teneur totale en azote de l'approvisionnement des digesteurs. En résumé, les déchets réceptionnés sur site sont :



La fraction qui n'est pas traitée par méthanisation et envoyée en incinération représente environ 6 000 tonnes pour le moment. Dès l'interdiction de la collecte des couches, le gisement de déchets organiques va diminuer de près de 6 000 tonnes supplémentaires. Intradel étudie d'ores-et-déjà la substitution de ce gisement par des déchets plus méthanogènes qui permettront d'accroître la production de biogaz.

## Préparation des déchets avant traitement

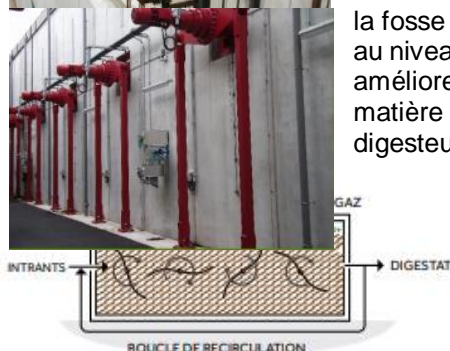
A leur arrivée sur site, les déchets passent dans un crible rotatif de type Trommel muni de dents métalliques permettant d'ouvrir/déchirer les sacs. La fraction de déchets organiques calibrés à 60 mm tombe dans une trémie tampon avant d'être convoyée vers un déferrailleur puis transférée par une vis sans fin dans les digesteurs. Sur les 32 000 tonnes de déchets organiques réceptionnées, seulement 26 000 tonnes à 60 mm sont ainsi incorporées dans les digesteurs.

Intradel dispose d'un broyeur pour broyer la fraction supérieure à 60 mm. Il était en effet initialement prévu de broyer la fraction grossière pour l'incorporer aux digesteurs. A ce jour, ils préfèrent ne pas broyer et recirculer la fraction qui contient a priori moins de 5 % de matière organique et est incinérée.

La fraction de déchets organiques calibrés à 0-60 mm contient encore des indésirables, notamment du fait de la présence de sacs en plastiques.



## La méthanisation



Il s'agit d'un procédé en voie sèche continue de type piston horizontal, composé de deux digesteurs de 1 800 m<sup>3</sup> chacun (dont 1 400 m<sup>3</sup> de volume utile). Chaque tunnel fait près de 8 m de haut avec une hauteur utile de 5,5 m et qui ne doit pas dépasser 7,2 m. Des brasseurs mécaniques permettent de mélanger la matière en dégradation. Le procédé installé est breveté (LARAN ®) et fourni par une société allemande STRABAG.

Le mélange de déchets est incorporé grâce à une vis sans fin. Les jus de la fosse de réception, les lixiviats des digesteurs et les liquides récupérés au niveau des biofiltres sont stockés et recirculés en tête de digesteur pour améliorer la viscosité du mélange de déchets. Les lixiviats, riches en matière organique biodégradable, sont recirculés au niveau des digesteurs pour maintenir la viscosité de la matière.



Il n'y a pas d'équipements prévus pour le stockage tampon des déchets avant ou après les digesteurs. Si besoin (maintenance, pic de déchets collectés), Intradel peut ajuster la hauteur de la matière présente dans les digesteurs pour avoir l'équivalent de 3 jours de stockage de matière.

L'ensemencement des réacteurs a été fait initialement avec un digestat de méthaniseur agricole riche en biomasse méthanogène active relativement faible en azote (compte tenu de la présence d'autres intrants que les déchets alimentaires : couches, petits déchets verts...).

La méthanisation est opérée en conditions thermophiles à une température de 55 °C avec un principe de chauffage par le fond. Le temps de séjour de la matière dans les digesteurs est de l'ordre de 3 semaines. Les conditions thermophiles permettent d'éliminer des pathogènes biologiques (E. coli, Entérocoques, salmonelles) dont les teneurs sont analysées régulièrement avant de transférer le digestat produit vers une unité de compostage située à une quinzaine de kilomètres pour être hygiénisé à proprement parler.

La biologie du digesteur est assez stable depuis le démarrage, avec aucun problème constaté, hormis lors du démarrage de l'installation. La montée en charge a duré 6 mois. Intradel a fait le choix d'appliquer initialement des conditions mésophiles pour un digesteur et directement des conditions thermophiles pour le second. Le changement de régime thermique (passage de mésophile à thermophile) a engendré

un fort dégazage et une importante perte de matière. Une montée en charge directement en conditions d'exploitation est à privilégier.

Intradel travaille à optimiser la « recette » d'approvisionnement hebdomadaire et quotidienne en vue d'optimiser la production de biogaz. Ils testent actuellement l'utilisation de différents gisements en petites quantités, présentant de meilleurs potentiels méthanogènes, qui seraient ajoutés aux déchets organiques des ménages pour augmenter la production de biogaz de l'unité : huiles, boues de papeteries, papier...

## Biogaz

Le biogaz est produit au niveau des digesteurs et des cuves de stockage des lixiviats (avant recirculation). Les ciels gazeux des différents équipements communiquent. Il n'y pas d'équipement dédié au stockage de biogaz (gazomètre). Le stockage est uniquement assuré par le ciel gazeux des digesteurs (volume au-dessus de la matière en cours de dégradation). Ce choix ne semble pas poser de problèmes à l'exploitation.

Le sulfure d'hydrogène est mesuré à des concentrations de l'ordre de 300 ppm, ce qui est relativement faible). Intradel traite ce composé toxique et corrosif pour les équipements par désulfuration biologique avec injection d'air et passage sur lit au travers d'un lit de charbon actif. La concentration du biogaz après traitement est de l'ordre de 10 ppm.

Le potentiel méthanogène attendu initialement était de 109 Nm<sup>3</sup> de biogaz par tonne de déchets (mélange DV + déchets des ménages). Intradel constate un potentiel produit de 115 à 125 Nm<sup>3</sup> de biogaz à 57-64 % de CH<sub>4</sub> par tonne de déchets incorporés dans les digesteurs. A noter un biogaz plus chargé en CH<sub>4</sub> en fin de semaine qu'en début de semaine du fait de déchets moins frais en début de semaine et donc avec une composition différente.



Le biogaz est essentiellement valorisé par cogénération, par l'intermédiaire de deux moteurs d'une puissance de 600 kW. Si les conditions de production du biogaz ne permettent pas une valorisation par cogénération (couple débit de production et composition en CH<sub>4</sub> non compatible avec les conditions de fonctionnement des moteurs), le biogaz peut être valorisé par deux chaudières bi-fuel (alimentation avec du fioul pour le démarrage et en biogaz le reste du temps) qui fournissent la chaleur à des bâtiments administratifs et, en complément de la chaleur de la cogénération et de l'incinérateur, aux digesteurs et au sécheur. En cas de besoin, le site dispose aussi d'une torchère pour l'élimination du biogaz s'il ne peut être valorisé. Les moteurs sont actuellement à seulement 50 à 65 % de leur capacité du fait de ne pas être à la capacité nominale de traitement des déchets et de phases de dysfonctionnement induites par l'étape de mélange des digestats en sortie des digesteurs (cf. partie Digestat).

Afin d'atteindre les objectifs européens et wallons relatifs à la production d'énergie renouvelable, la Wallonie a développé un mécanisme de soutien, qui prévoit l'octroi de certificats verts. Intradel dispose à ce jour de plus de 10 000 certificats verts pour la production d'électricité par cogénération de biogaz, valables jusqu'en 2033. Intradel réfléchit d'ores-et-déjà à valoriser autrement le biogaz produit en s'orientant vers l'injection sur le réseau de distribution à proximité immédiate du site et la fourniture de bioGNV. Ces voies n'avaient pas été envisagées initialement, en l'absence de mécanismes de soutien. Elles vont nécessiter de modifier la filière technique actuelle, avec notamment la mise en place d'un système d'épuration et de stockage du biométhane. Le délai de développement de ces solutions permettra à Intradel d'amortir son investissement dans les moteurs de cogénération et d'optimiser l'intégration technique et le modèle économique associé. La fourniture de bioGNV sera probablement mise en place avant l'injection pour alimenter les camions de collecte.

## Du digestat au compost

Intradel ne souhaitait pas que les exploitants agricoles ou les autres utilisateurs viennent sur le site de Herstal qui se situe en milieu très urbanisé. Le digestat suit donc la filière technique suivante :

1. Sortie du digesteur dans une cuve tampon par l'intermédiaire d'un système d'aspiration sous vide permise grâce à un compresseur. Le digestat présente alors une siccité comprise entre 22 et 23 % de MS. L'innocuité biologique du digestat brut produit est contrôlée par analyses régulières de la teneur en Escherichia Coli, Entérocoque et salmonelles.
2. Mélange avec du digestat à 80-85 % de MS pour produire un digestat à une siccité de l'ordre de 40 % et ainsi permettre à l'air chaud du sécheur (équipement suivant) de passer à travers la matière et évaporer un maximum de l'humidité contenue dans le digestat.

3. Transfert au sécheur par une vis sans fin

4. Séchage à l'air pour produire un digestat de siccité 80-85 % qui permet de réduire les quantités de digestat à exporter vers l'unité de compostage et valoriser la chaleur produite par le site d'incinération Uvelia. La capacité est de 4t/h sur 8 000 h/an (soit 32 000 t/an). L'eau est évaporée avec injection d'un débit d'air chaud compris entre 75 000 et 150 000 m<sup>3</sup>/h. Une partie du digestat séché est mélangé au digestat brut pour augmenter sa siccité. Le reste est exporté vers une unité de compostage.



Transport de 7 à 8 000 tonnes de digestat vers l'unité de compostage d'Intradel (Biocentre de Lixhe Compost), qui se trouve à une quinzaine de km.



5. Post-traitement du digestat par compostage pendant près de 2 mois avec contrôle continu des températures au sein des andains par des sondes. L'unité dispose de 3 casiers à ventilation forcée. Le site a été conçu de manière à pouvoir ajouter 2 casiers supplémentaires. Le compostage permet d'attester de l'hygiénisation du produit final.



6. Criblage du compost mature et production de plusieurs

fractions :

- Fraction 0-6 mm (60 % du volume) : compost mature ;
- Fraction 6-12 mm (36 %) : fraction complexe (plastique, bois, matière organique) qui nécessiterait de mettre en place plusieurs procédés pour récupérer la MO, présente en faibles quantités ;
- Fraction 12-60 mm (3 – 4 %) : indésirables (bouchons plastique, capsules de café en plastique...).

Le compost calibré à 0-6 mm représente un tonnage de 5 à 6 000 tonnes par an. Cette fraction est vendue aux exploitants agricoles entre 3 et 18 euros la tonne. Intradel écoule la totalité de sa production sans difficulté notamment en raison de l'explosion des coûts de fertilisants (NPK). Cette fraction représente aujourd'hui environ 5 000 tonnes pour 26 000 tonnes de déchets incorporés dans les digesteurs. Les autres fractions de compost (6-12 et >12) sont incinérées.

A noter des dysfonctionnements sur les équipements de mélange et de transfert des matières sèches en amont du sécheur de digestat. Les principaux problèmes sont l'usure des vis de transfert de matières sèches et la surchauffe des moteurs (qui les font tourner) qui ont été sous-dimensionnés.

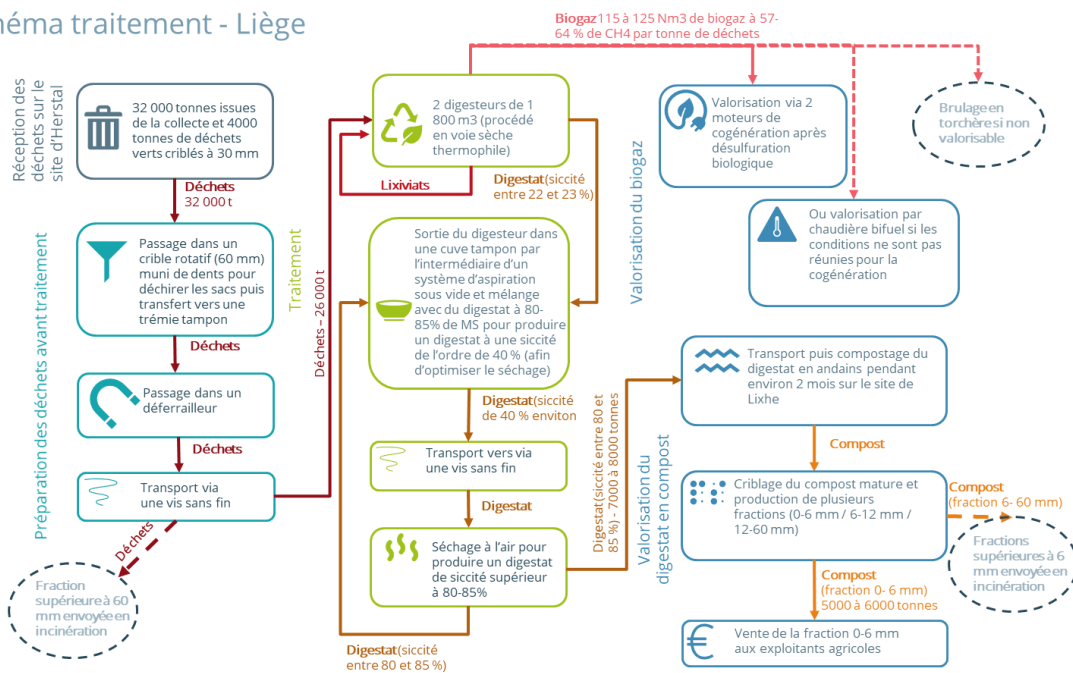
## Traitement des odeurs

Le site d'Herstal est situé dans un environnement très urbain. Le projet a donc été conçu pour éviter au maximum les nuisances olfactives. Aujourd'hui, ils n'ont eu aucune plainte.

L'air est renouvelé à une fréquence de 3 fois par heure (soit 75 000 m<sup>3</sup>/h). Il est chauffé et utilisé par le sécheur. L'air vicié passe ensuite dans un système de lavage acide puis de biofiltre fermé avant d'être évacué par une cheminée pour une dispersion optimale. La cheminée est munie d'un nez électronique permettant de mesurer l'impact olfactif. Toutefois, les premiers riverains étant situés à 250 m de l'unité, ce sont leurs retours (ou non retours) qui constituent la meilleure mesure. Dès qu'une plainte est émise, le site doit se justifier auprès des autorités en moins de 30 minutes. La redondance des équipements permet à Intradel d'assurer une disponibilité maximale du système de traitement des odeurs.

## Schéma synthétique du traitement

### Schéma traitement - Liège



## Données économiques

L'investissement s'élève à 27 millions d'euros. Le site a bénéficié d'un montant de subventions régionales sur l'amortissement de près de 35 %. Ces subventions résultent de plusieurs mécanismes de soutien liés au traitement de déchets organiques et des accords avec d'autres intercommunales.

Les bâtiments sont amortis sur 20 ans.

Des subventions existent aussi pour la phase d'exploitation pour soutenir la production de biogaz. Ceci correspond à un soutien financier de 25 % à la production de biogaz intégrant la partie investissement et exploitation. Ce soutien, qui intègre les coûts d'exploitation, est notamment dû au fait que les tarifs de rachat de l'électricité ne sont pas fixes et qu'ils fluctuent quotidiennement (cours de l'électricité).

## Bilan global

### Points forts / Atouts

- Synergie avec l'unité de valorisation énergétique des déchets ménagers à proximité immédiate.
- Procédé opéré en thermophile qui permet l'abattement des pathogènes biologiques : bien qu'une hygiénisation ne soit pas nécessaire pour le process global (car digestats compostés in fine), Intradel a fait le choix de cette étape pour rassurer sur l'innocuité biologique en sortie de l'unité (lors du transport).

### Points faibles / Verrous / Limites

- Capacité de stockage de déchets trop faible en cas de dysfonctionnement de l'unité, du fait de la faible disponibilité de foncier pour le projet :
  - Seulement 2 à 3 jours de stockage des déchets bruts
  - 3 jours maximum dans les digesteurs en ajustant la hauteur de matière en cours de dégradation 1 m plus haut que la hauteur utile

La durée de stockage maximum est donc de 6 jours, ce qui est court au regard des délais de réception de pièces ou d'intervention. Si la maintenance nécessite un arrêt plus long, le digestat brut qui sort des digesteurs est alors exporté directement par tonne à lisier. Cette solution est problématique financièrement (matière plus liquide donc plus d'aller-retour pour le transport et intervention en urgence), mais aussi techniquement complexe car du digestat à 22 % est difficilement pompable.

- Relativement faible pouvoir méthanogène et faible teneur en azote des intrants : Intradel réfléchit à améliorer la qualité des biodéchets et recherche des intrants complémentaires (en quantités limitées).
- Présence de plastiques dans le compost final : même si l'essentiel des sacs partent en refus (crible), Intradel envisage d'interdire les sacs plastiques pour limiter la présence d'indésirables dans le compost. La stratégie d'Intradel consiste à renforcer la communication sur l'utilisation de sacs biodégradables.
- Dysfonctionnements liés à l'étape de mélange des digestats (usure des vis de transfert de matières sèches et surchauffe des moteurs qui ont été sous-dimensionnés).

### Recommandations

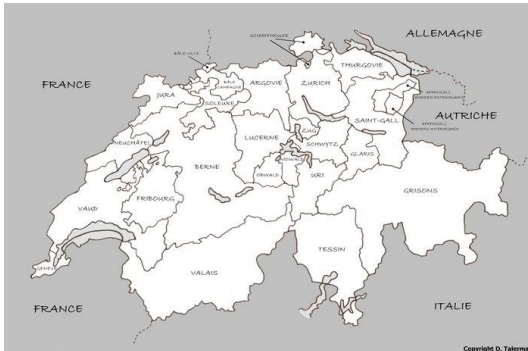
Intradel émet les recommandations suivantes :

- Vigilance sur les traitements pour ne pas créer des particules de plastiques inférieures à 6 mm qui se retrouveraient dans le compost final.
- Maîtrise de la collecte ET du traitement permettant d'imposer des consignes de tri cohérentes avec les besoins du traitement.

Par ailleurs, compte tenu de l'évolution des mécanismes de soutien en termes de valorisation du biogaz, Intradel est en train de reconsidérer la voie de valorisation du biogaz : les solutions d'injection réseau et de production de bioGNV sont à l'étude (avec construction d'une installation de ravitaillement), en remplacement de l'actuelle cogénération. En effet, les certificats verts pour la production d'électricité arrivent à échéance en 2033. En outre, les gestionnaires de réseau gaz wallons souhaitent mieux gérer la variabilité des volumes transportés entre l'hiver et l'été et incitent à l'injection réseau.

## Contexte général

### Contexte national



La Suisse est une fédération de 26 cantons, chacun souverain selon leur constitution respective. Le canton planifie la gestion des déchets, possède la compétence traitement et se charge de communiquer et de conseiller les communes. Les communes possèdent quant à elles la compétence collecte des déchets.

Le financement du service de gestion des déchets est assuré par une tarification auprès des usagers en fonction du service apporté. Dans la plupart des cantons, les entreprises de moins de 250 personnes participent également d'office au financement du service via une part fixe, qu'elles bénéficient du service ou non.

Les lignes directrices pour la gestion des déchets en Suisse ont été publiées en 1986 par l'Office fédéral de la protection de l'environnement. Parmi les principes et objectifs fondamentaux applicables aux déchets en Suisse, la Suisse doit s'employer à éliminer ses déchets chez elle et un déchet doit être recyclé uniquement si la pollution qui résulte de cette opération est plus faible qu'avec l'élimination et la fabrication d'un nouveau produit.

Les deux textes de lois qui régissent principalement la gestion des déchets sont la loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE 814.01) du 7 octobre 1983 et l'ordonnance de 2015 sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED 814.600). Ces textes imposent notamment les obligations suivantes : valorisation matière pour tout déchet pour lequel c'est possible techniquement sinon traitement thermique. Concernant les biodéchets, il est précisé qu'ils « doivent faire l'objet d'une valorisation matière ou d'une méthanisation, pour autant :

- qu'ils s'y prêtent compte tenu de leurs caractéristiques et en particulier de leur teneur en nutriments et en polluants ;
- qu'ils aient été collectés séparément ;
- et que leur valorisation ne soit pas interdite par d'autres dispositions du droit fédéral. »

La définition des DMA en Suisse comprend ceux des entreprises de moins de 250 personnes dont la composition et les rapports des quantités sont similaires à ceux des ménages. En revanche, les biodéchets des métiers de bouche sont exclus de la collecte opérée par les communes du fait d'une obligation de gestion séparée.

Au niveau économique, les trois principes les plus importants sont les suivants :

- Les pouvoirs publics n'ont pas à subventionner les installations d'élimination (en Suisse, le terme "élimination" concerne l'incinération et le stockage en décharge), qu'elles soient privées ou publiques.
- Les taxes doivent couvrir le traitement des déchets jusqu'au stockage définitif.
- Le détenteur des déchets assume le coût de leur élimination (sauf dispositions particulières prévues par le Conseil fédéral).

La réglementation fédérale n'impose pas le tri à la source des biodéchets mais la collecte séparée des biodéchets s'étend sur pratiquement tout le territoire pour ce qui concerne les déchets verts. De nombreuses collectivités cherchent à cibler de façon plus spécifique les biodéchets alimentaires. La gestion de proximité des biodéchets est très répandue en suisse, mais relève d'avantage d'initiatives des habitants eux-mêmes plutôt que d'incitations des communes.

Enfin, l'ordonnance sur la réduction des risques chimiques (ORRChim) de 2005 (révisée en 2016), relative à la qualité des composts et digestats impose des règles strictes avec un seuil autorisé de 0,5 % d'impuretés dans les composts et digestats. Ce seuil est ramené à 0,1 % pour le plastique et l'aluminium. Depuis 2016, la mesure des impuretés n'est plus limitée aux particules de plus de 2 mm, toute impureté devant être prise en compte.

## Le territoire en quelques mots



La ville de Genève compte 205 007 habitants (2020), avec une densité de 12 902 habitants au km<sup>2</sup>. Elle est le chef-lieu et la commune la plus peuplée du canton de Genève.

L'Office Cantonal de l'Environnement propose et met en œuvre la politique de protection de l'environnement sur l'ensemble du canton. Il anticipe les futures problématiques environnementales et assure la prise en compte de l'environnement dans l'aménagement du territoire. Trois services assurent la mise en œuvre, dont le GESDEC, en charge

des déchets.

Genève a adopté en juin 2021 sa nouvelle politique de gestion des déchets qui est de réduire les déchets pour accélérer la transition écologique, selon un plan d'actions qui s'articule autour des trois axes suivants :

- Axe 1 : « Le meilleur déchet est celui que nous ne produisons pas » en encourageant la consommation en vrac et l'économie circulaire, en garantissant de pouvoir laisser les emballages superflus directement en magasin, en interdisant la distribution de sacs et objets plastiques à usage unique.
- Axe 2 : « Mieux trier pour recycler davantage » en rendant les sacs compostables plus accessibles en créant des espaces de récupération itinérants au service des habitants (disponibles jusqu'à ce jour en poste de police), en simplifiant le tri et en collectant certains emballages en mélange, en développant le tri automatique, et en sanctionnant le non-tri des matières recyclables. Une des mesures envisagées dans cet axe est l'amélioration de la qualité du tri des déchets organiques parmi les déchets urbains. Une autre mesure vise les déchets des métiers de l'hôtellerie et de la restauration et vise également à l'amélioration du tri et de la valorisation des déchets organiques dans ce secteur.
- Axe 3 : « Eliminer les déchets sur le territoire » en construisant une nouvelle usine d'incinération plus petite et plus performante en 2024, ainsi qu'une nouvelle installation de traitement des déchets organiques, pouvant gérer 100 % des déchets organiques de façon autonome sur le canton.

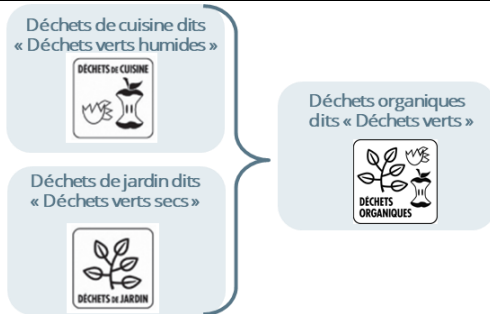
Cette nouvelle politique introduit aussi l'obligation de tri pour les entreprises, les particuliers et les collectivités. Le rôle des communes est renforcé, puisque ces dernières doivent par ailleurs élaborer un règlement et un plan communal de gestion de déchets. De plus, elles sont désormais autorisées à sanctionner les infractions. Le projet de loi adopté par le Conseil d'Etat est complété par un plan de gestion en vigueur jusqu'en 2025 qui précise les obligations en vigueur pour les autorités communales et cantonales.

La gestion des déchets à Genève est régie par le « Règlement sur la gestion des déchets » de la ville qui date de 2019 et est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2020. Dans ses grands principes, le règlement précise que « la Ville de Genève encourage toutes mesures nécessaires à la valorisation des déchets et à leur diminution à la source. »

A Genève les déchets urbains sont répartis selon trois catégories : les ordures ménagères et assimilées, les déchets recyclables, les déchets encombrants. Les déchets organiques de jardin et de cuisine (appelés déchets verts) font partie des déchets recyclables. Le règlement fixe également les modalités de collecte des déchets et les contrôles et sanctions prévus.

## Gestion des biodéchets

### Consignes de tri des biodéchets



Les déchets alimentaires et les déchets de jardin de la ville de Genève sont collectés en porte-à-porte ou en éco-points.

Le territoire utilise la dénomination de « déchets verts » pour l'ensemble des déchets organiques. Ce terme regroupe les déchets de cuisine (DCT) et les déchets de jardin. Une distinction est faite entre les déchets verts humides (DCT + gazon principalement) et les déchets verts secs (déchets de jardin). Ces deux catégories de déchets n'ont pas le même parcours de traitement et de valorisation. Ces déchets font partie de la catégorie

« déchets recyclables » des déchets urbains.

Les déchets de cuisine acceptés sont les suivants :

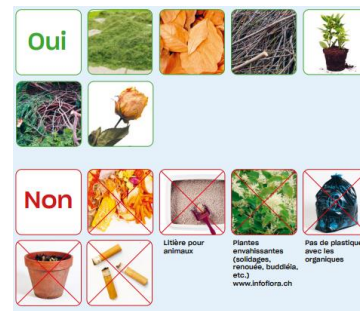
- Epluchures de fruits et légumes ;
- Restes de repas cuits ou crus ;
- Café et thé (avec filtres et sachets mais sans capsules) ;
- Coquilles d'œufs ;
- Fleurs fanées et plantes d'appartement et de balcon (avec la motte mais sans le pot) ;
- Gazon (seul déchet de jardin qui peut être récupéré avec les déchets de cuisine).



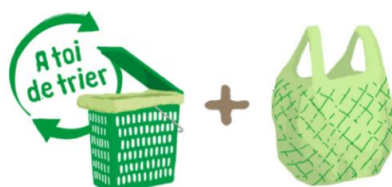
Le parcours de ces déchets est la méthanisation sur le site de Châtillon.

Les déchets de jardins acceptés sont les suivants :

- Résidus de récolte ;
- Feuilles mortes ;
- Branches ;
- Fleurs fanées et plantes en pots (avec la motte mais sans le pot) ;
- Mauvaises herbes.



Le parcours de ces déchets est le compostage sur différents sites.



Les déchets de cuisine (déchets verts humides) triés sont récupérés par les usagers en associant un sac compostable et un seau ajouré appelé « p'tite poubelle verte » qui a fait l'objet d'une importante campagne de communication.

Les sacs à utiliser pour le tri sont marqués du logo « OK Compost » (label « Industrial » ou « Home »), du logo « compostable » (label seedling) ou de la certification « EN 13432 », qui attestent que leur composition leur confère des propriétés leur permettant d'être digérés par des micro-organismes et de ne pas laisser de résidus de plastique dans le compost.

En effet le règlement de gestion des déchets de la Ville de Genève précise que les déchets organiques doivent être conditionnés dans des sacs compostables de norme EN 13432.



Le label OK compost INDUSTRIAL garantit que les sacs et l'ensemble de ses composants (encres et additifs) soient biodégradables dans un centre de compostage industriel. Le programme de certification se base sur la norme EN 13432 et répond ainsi aux exigences de la directive européenne relative aux emballages (94/62/EC). Le label OK compost HOME est normalement destiné au compostage individuel, processus

moins contrôlé, plus difficile et plus lent. Il ne fait pas explicitement référence à une norme précise mais détaille toutes les exigences techniques auxquelles un produit doit répondre pour obtenir la certification. L'utilisation de sacs "oxo" dégradables est proscrite. De même, les sacs en plastique sont interdits. Si le collecteur voit des sacs en plastique dans le conteneur à déchets organiques, tout le contenu de la benne sera incinéré.

Soucieux de ne pas générer d'impact environnemental supplémentaire par les pratiques mises en œuvre pour la gestion des déchets, Genève porte aussi une attention particulière à la teneur en titane dans la composition des sacs. Cet additif visant à améliorer la résistance et la couleur des sacs n'est en effet pas biodégradable. La mesure de cet élément chimique n'est pas encore demandée par les normes, mais des réflexions sont en cours.

Plusieurs lieux permettent aux usagers de **se fournir gratuitement** en équipements de tri et pré-collecte des déchets organiques (sacs compostables, bioseau) : postes de police municipale, espace Ville de Genève, service Voirie – Ville propre, marchés.

## Déchets acceptés

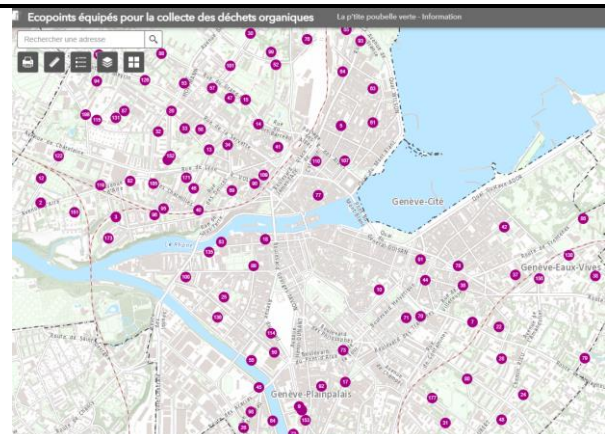
Utilisation privilégiée des sacs compostables  
(sacs devant respectés la norme EN 13432)



## Collecte

La ville de Genève assure, sans taxe, la collecte, le transport et l'élimination de l'ensemble des déchets urbains des ménages. La collecte des déchets organiques des ménages est en place depuis plus de 20 ans à Genève même si certaines modalités ont évolué depuis.

Les déchets organiques des ménages sont collectés en C2 en porte-à-porte dans des conteneurs plastiques équipés de roulettes, ne dépassant pas 140 litres. Ils peuvent aussi être déposés en écopoints (points d'apport volontaire) géolocalisables grâce à une application mise en place par le canton.



Selon les communes du canton de Genève, les déchets de jardin hors gazon disposent d'une collecte dédiée ou peuvent être apportés sur la plateforme de Chatillon. Les déchets verts sont produits dans de très petites quantités à Genève, aussi la Ville a-t-elle décidé de ne pas réaliser de collecte dédiée. Il est demandé aux habitants des quartiers de villas de se rendre en déchèterie. Les grandes quantités, ainsi que les grosses branches, peuvent également être déposées gratuitement par les ménages dans un des trois espaces de récupération cantonal (ESREC) du Canton : Châtillon, La Praille, Les Chânets.

Ces déchets doivent être conditionnés dans des sacs compostables d'un volume maximum de 110 litres, puis déposés dans un conteneur en plastique à roulettes d'une capacité maximum de 800 litres. Les ménages ayant un jardin sont aussi invités à faire du compostage individuel. Genève a édité un guide de bonnes pratiques. Les déchets d'entreprises de jardinage ne sont pas collectés et doivent être apportés directement sur l'espace de récupération de Châtillon.

Plusieurs **campagnes de sensibilisation et d'information** ont été réalisées. Une présentation précise des déchets acceptés dans la catégorie « déchets de cuisine » et « déchet de jardin » est faite, associée à des logos, des photos et du texte explicatif, en format numérique avec plusieurs sites relais d'informations. Le parcours des déchets, de la production à leur valorisation, est précisé et transparent.



La Ville de Genève **contrôle périodiquement** l'origine, le volume, le poids et les caractéristiques des déchets par l'intermédiaire d'agents de police municipale ou d'autres agents ayant mandat de veiller à l'application du règlement de gestion des déchets. Le non-respect des règles peut être sanctionné par un procès-verbal, un avertissement, ou une amende à l'encontre du contrevenant pouvant aller de 190 à 37 880 euros (toute infraction confondue).

## Quelques chiffres

A l'échelle du Canton de Genève, plus de 180 000 « P'tites poubelles vertes » ont été distribuées depuis 2016.

Genève produit 568 kg de déchets urbains par personne et par an, dont 355 kg proviennent des ménages (2019). Avec un taux de tri de 48,6 %, cela représente 292 kg de déchets incinérés et 276 kg de déchets recyclés. Entre 2014 et 2017, le taux de tri a augmenté, entre autres grâce à l'adoption de plus en plus importante du compostage de proximité. En 2019, le taux de tri a dépassé les 50 % en réponse à la menace de l'instauration d'une taxe.

Les habitants du canton de Genève ont produit 284 161 tonnes de déchets en 2018 dont 51 994 tonnes de déchets organiques. La quantité de déchets de cuisine et de jardin collectés dans le canton en 2019 est de 32 524 tonnes en 2019 dont 5 939 tonnes pour la ville de Genève seule.

Déchets collectés en 2019 (en tonnes)	Déchets de cuisine	Déchets de jardin	Déchets de cuisine et de jardin mélangés	Autres	Total
<b>Genève</b>	0	250	4 255	1 434	5 939
<b>Canton de Genève</b>	3 083	13 988	11 297	4 156	32 524

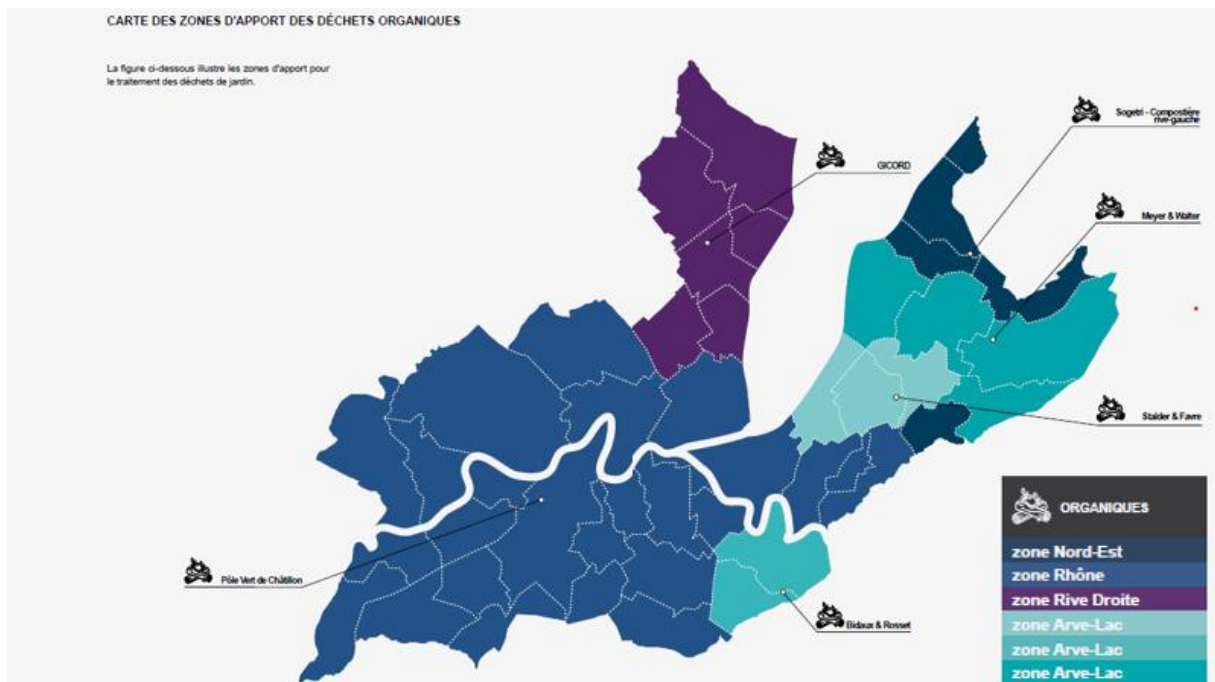
## La filière de traitement actuelle

Le dispositif de traitement et de valorisation des déchets organiques du canton de Genève est réparti sur plusieurs zones d'apport :

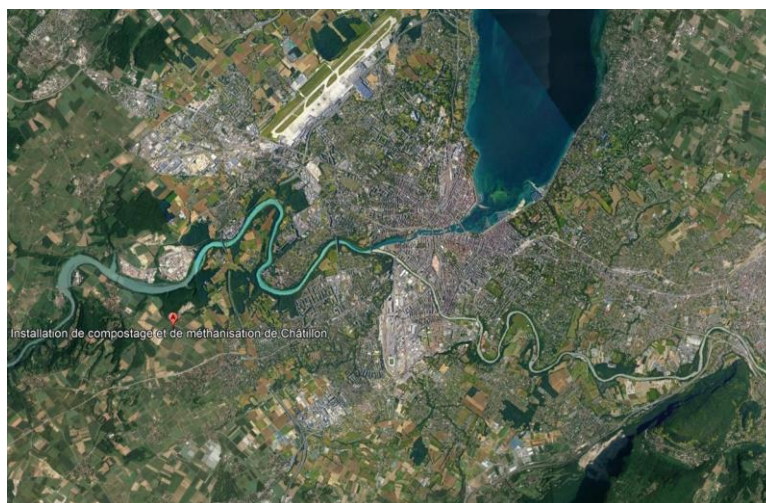
- Les déchets de cuisine sont dirigés vers le site de méthanisation/compostage de Châtillon géré par SIG. Cette zone d'apport sera transférée à Pôlebio Energies SA à partir de 2025 ;
- Les déchets de jardin sont acheminés sur 4 zones d'apport distinctes pour être compostés :
  - Zone Rive Droite, exploitée par le GICORD, l'installation est située à Bellevue ;
  - Zone Rhône, exploitée par SIG, l'installation est située sur le pôle vert Châtillon à Bernex. Cette zone d'apport sera transférée à Pôlebio Energies SA ;
  - Zone Arve-Lac, exploitée par le groupement des composteurs en bord de champs (GCBC), les installations sont situées à Veyrier, Vandoeuvres et Jussy ;
  - Zone Nord-Est, exploitée par la société Sogetri, l'installation est située à Corsier.

Certains déchets de jardin sont envoyés vers des installations situées hors du Canton (par exemple Ecorecyclage à Lavigny ou la compostière de Terre Sainte).

Par ailleurs, le Service des espaces verts de la Ville de Genève dispose également d'une autorisation pour traiter ses déchets d'entretien des espaces verts.



Les déchets verts de la ville de Genève sont traités en interne sur le site de Châtillon, qui dispose d'une autorisation pour délester les volumes supplémentaires en bord de champs. Le site de Châtillon est situé sur la ville de Bernex, à proximité immédiate de Genève.



Le site de Châtillon est géré par SIG, Services Industriels de Genève, qui est un établissement public du canton de Genève chargé par ailleurs de la distribution de l'eau potable, du gaz, de l'électricité et de la chaleur et de la gestion des réseaux correspondants. Ils s'occupent également du traitement des eaux usées, de l'incinération des déchets et de la gestion d'un réseau de fibre optique.

Le pôle de traitement des déchets organiques est composé d'une installation de compostage et d'une unité de méthanisation.

## Déchets réceptionnés sur le site de Châtillon

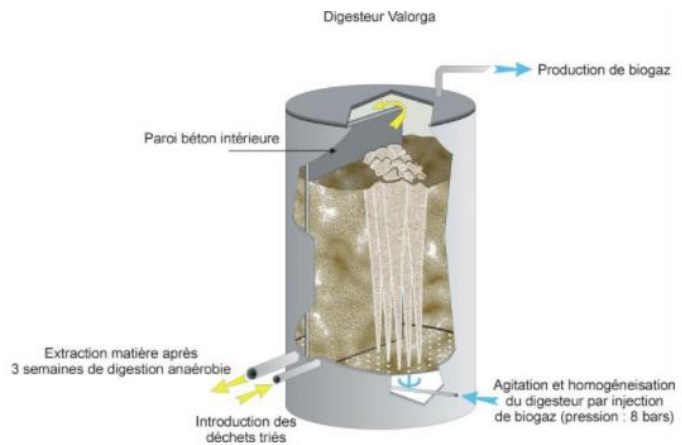
En 2020, le site a réceptionné 23 527 tonnes de déchets « verts » dont 78 % provenant des collectivités publiques (18 488 tonnes). Les « déchets verts humides » qui correspondent aux déchets des « p'tites poubelles vertes » (déchets de cuisine et gazon) sont orientés vers la méthanisation. Ils représentent environ 10 000 tonnes. Les « déchets verts secs » qui correspondent essentiellement aux branchages sont orientés vers l'unité de compostage. La saisonnalité est surtout constatée pour le gisement de déchets de jardin. Le flux orienté vers l'unité de méthanisation est relativement constant tout au long de l'année.

## Préparation et stockage des déchets avant traitement

Actuellement, il y a peu d'étapes de prétraitement des déchets de cuisine avant leur incorporation dans le méthaniseur. A leur arrivée sur le site de Châtillon, les déchets ne sont pas triés. Une fois réceptionnés, les déchets sont déchargés dans une fosse de réception et déchiquetés. Le flux passe dans une soufflerie pour permettre la récupération des éléments plastiques légers. Il n'y a pas d'étape d'hygiénisation du fait du compostage du digestat produit en sortie de méthanisation.

## La méthanisation

L'unité de méthanisation est un procédé de type piston horizontal dans un cylindre vertical de 1 300 m<sup>3</sup> opéré en conditions thermophiles. La technologie a été développée par Valorga. Le digesteur possède une paroi médiane verticale sur environ les 2/3 de son diamètre. Les orifices d'introduction et d'extraction des matières sont situés à la base du fermenteur, de part et d'autre de cette paroi. Cette paroi oblige les matières en fermentation à effectuer un cheminement circulaire pour la contourner, de sorte que les déchets introduits un jour donné ne peuvent être extraits qu'après avoir parcouru toute la surface du digesteur. Le temps de séjour est de l'ordre de 24 jours.



Le système d'agitation des matières contenues dans le digesteur breveté par Valorga est pneumatique : il consiste à injecter du biogaz à la base du réacteur sous pression. Le biogaz utilisé pour l'agitation circule en circuit fermé.

Le digesteur a été mis en service en 2000 pour une capacité nominale de traitement de 10 000 tonnes de biodéchets par an.

En 2003-2004, l'exploitation du digesteur a été arrêtée pendant plus de 8 mois en raison de l'accumulation de sédiments (sables, graviers...) en fond de digesteur qui empêchaient le fonctionnement des injecteurs de biogaz (et donc l'agitation du milieu réactionnel) et réduisaient trop significativement le volume utile du réacteur (et

donc le temps de séjour de la matière). Le digesteur a de nouveau été arrêté à l'automne 2017 afin de pouvoir procéder à la vidange des sables et autres résidus qui s'y étaient une nouvelle fois accumulés. Le **biogaz** issu de la méthanisation est valorisé sur place par **cogénération d'électricité et de chaleur**. La puissance installée est de **720 kWe**. La production de biogaz a été de 1 070 800 m<sup>3</sup> en 2020 pour 8 559 tonnes de déchets traités. La production d'électricité associée est de 758 MWh. Le **digestat** produit est composté après mélange avec les déchets verts « secs ».

## L'unité de compostage

L'unité de compostage traite les déchets de jardin et le digestat produit par l'unité de méthanisation.

Depuis l'automne 2017, une nouvelle installation de traitement des odeurs de la halle de compostage est en service afin de limiter les nuisances olfactives pour les riverains :

- Confinement de la halle par bâchage ;
- Installation de ventilateurs pour diriger les odeurs dans une partie de la halle où est opéré un prélavage acide pour neutraliser l'odeur d'ammoniac, puis un prélavage alcalin pour neutraliser l'odeur de soufre et enfin lavage biologique pour éliminer les derniers composants ;
- Installation d'un nez électronique en sortie pour contrôler les odeurs.

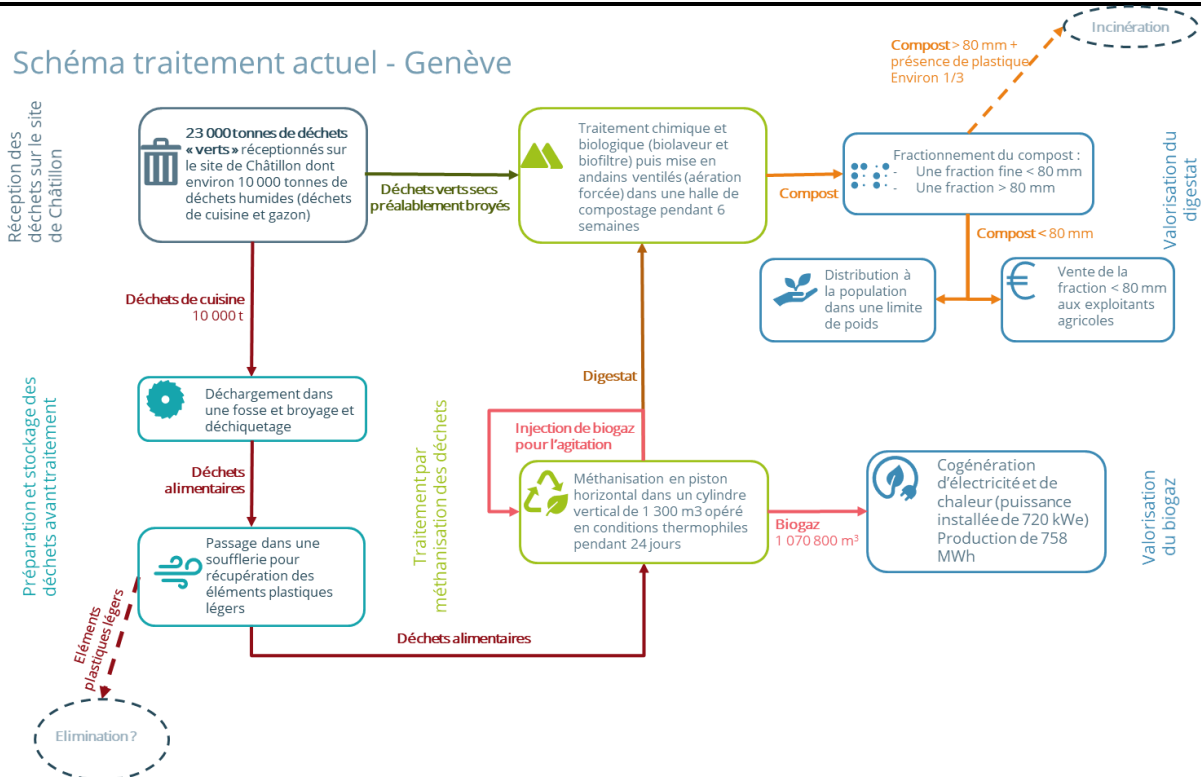


Le confinement de cette halle ainsi que les traitements chimiques et biologiques (biolaveurs et biofiltres) ont permis de réduire significativement les nuisances olfactives générées par l'installation. L'unité de compostage fonctionne avec une aération forcée des andains (bandes de végétaux broyés) pendant 6 semaines. Un criblage - tamisage est ensuite réalisé.

Une partie du flux de déchets verts est aussi directement compostée en bords de champ après broyage. Le **compost produit** est fractionné. La fraction supérieure à 80 mm qui représente près de 50 % des tonnages produits est incinérée. La fraction fine est distribuée aux agriculteurs. Une partie du compost est également distribuée à la population dans une certaine limite de poids.

## Schéma synthétique du traitement actuel

### Schéma traitement actuel - Genève



## La filière de traitement à venir

Une nouvelle installation de traitement des déchets organiques Pôlebio Energies SA est prévue à l'horizon 2024 pour remplacer l'usine de Châtillon qui arrive en fin de vie, pour augmenter les capacités de traitement et ainsi généraliser la valorisation locale des déchets de cuisine (ménages et restaurateurs), et enfin pour produire des engrais de qualité. Ce nouveau pôle vert aura une capacité de traitement de 48 000 tonnes de déchets « verts » par an. Il sera installé sur la zone industrielle de Bois-de-bay. Le choix de cette zone pour l'implantation de l'installation répond aux règles d'aménagement du territoire, qui impose une installation en zone industrielle. En termes de transport, cela impactera peu le transport des déchets par rapport au traitement actuel, en revanche le site étant plus éloigné de la zone agricole, il y aura un impact sur le transport du compost et du digestat.

L'objectif affiché du projet est de répondre aux objectifs de neutralité carbone fixés par le Canton de Genève et la Confédération en optimisant la valorisation des déchets basée sur le principe de l'économie circulaire et en soutenant le développement d'une agriculture raisonnée du fait de la fourniture de biofertilisants permettant de réduire l'utilisation d'engrais de synthèse et favoriser la biodiversité. Il est porté par un partenariat public-privé : le canton de Genève et l'ensemble des communes en tant que garants de la collecte et de la bonne gestion des déchets, et les Services Industriels de Genève et Helvetia Environnement, associés de Pôle Energies SA, pour assurer le traitement et la valorisation des déchets organiques.

Le projet Pôlebio disposera des mêmes filières de traitement, une unité de méthanisation pour le traitement des déchets de cuisine et une unité de compostage entièrement confinée, couplée avec une unité de traitement de 100 % de l'air. Une centrale solaire sera installée en toiture des bâtiments pour produire de l'électricité renouvelable avec une puissance de 1 MWc (production équivalente à la consommation de 300 ménages).



## Préparation et stockage des déchets avant traitement

Les déchets organiques seront déchargés par les bennes de collecte dans des fosses et repris par une pelle mécanique pour alimenter un broyeur. Lors de cette étape, un premier contrôle du tri sera effectué pour sortir de la chaîne les contaminants de grosse taille (sacs poubelle noir et/ou non-compostables, bâches en plastique, tuyau PVC, bouteille en verre...). Une fois broyés, les déchets seront triés par criblage afin de séparer la fraction fine (taille < 80 mm) et la fraction grossière.

La fraction fine sera alors stockée dans la fosse d'alimentation automatique de l'unité de méthanisation qui fonctionnera 7j/7 et 24h/24.

La fraction grossière sera soumise à une étape de tri aéroulque qui va aspirer une partie des plastiques dits « légers » (morceaux sacs en plastiques déchirés, bouteille en PET...) qui seront évacués pour être incinérés sur l'usine d'incinération de Cheneviers. La matière résiduelle, principalement constituée de branches, sera alors envoyée directement vers l'unité de compostage.

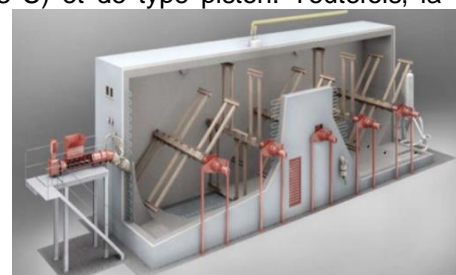


## La méthanisation et ses sous-produits

Le procédé sera toujours opéré en conditions thermophiles (53°C) et de type piston. Toutefois, la technologie mise en œuvre sera différente : temps de séjour réduit à 15 jours et agitation mécanique.

Le biogaz produit sera épuré et injecté sous forme de biométhane dans le réseau de gaz naturel géré par SIG pour produire **25 GWh d'énergie** sous forme de biogaz (équivalent de 2000 foyers genevois en gaz renouvelable).

La fraction liquide du digestat produit est considérée comme hygiénisé et sera utilisée comme fertilisant par les agriculteurs.



La fraction solide sera mélangée à des déchets de jardin et compostée.

Pôlebio, les agriculteurs et leur faitière AgriGenève collaborent pour bâtir une nouvelle filière de valorisation de ces biofertilisants. AgriGenève, association de l'agriculture genevoise, est née en 2002 de la fusion entre la Chambre genevoise d'agriculture (CGA) et l'Association genevoise des centres d'études techniques agricoles (AGCETA).

Le projet prévoit la production de **20 000 m<sup>3</sup> par an de biofertilisant**.

## Le compostage

Les déchets seront mélangés selon leur granulométrie afin de permettre une circulation de l'air optimale. De cette manière, le développement et la prolifération des micro-organismes seront favorisés, ce qui permettra une transformation de la matière, à la fois pérenne et efficace grâce à un apport d'air contrôlé tout au long du processus.

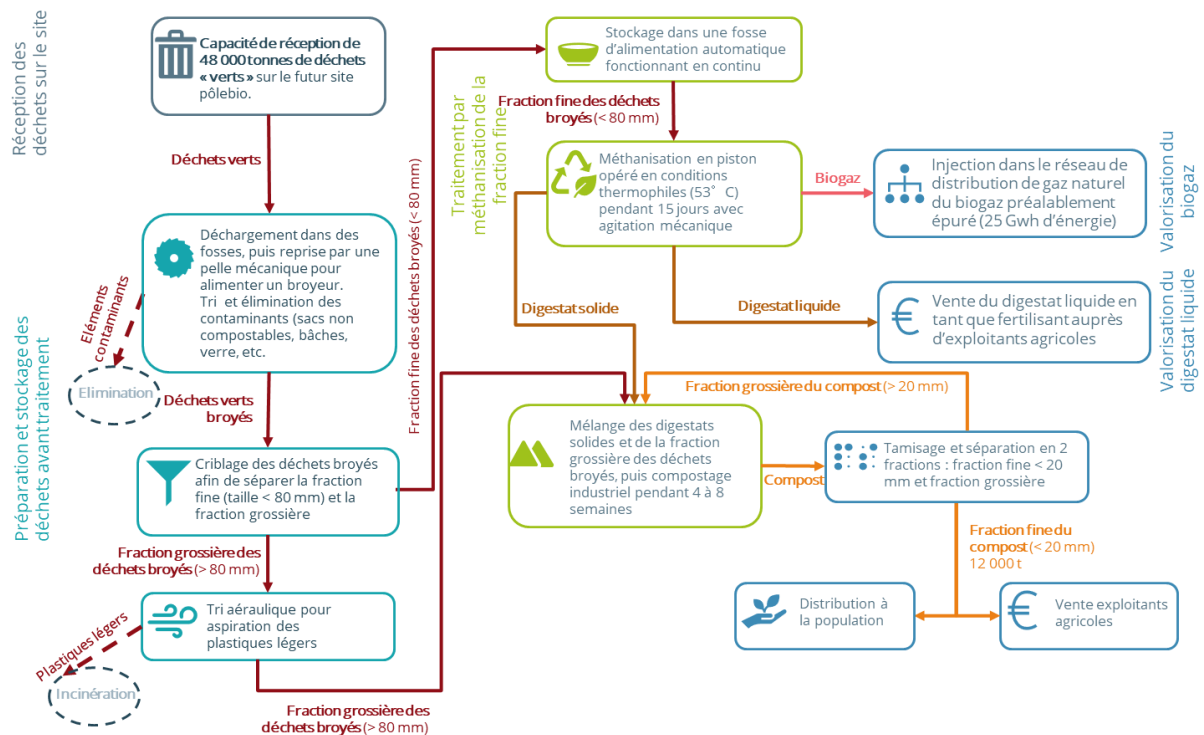


Le processus de compostage industriel durera quatre à huit semaines. En fin de compostage, la matière sera tamisée et séparée en deux fractions : la plus fine (granulométrie inférieure à 20 mm) sera épandue sur les terrains agricoles ou utilisée par les habitants de Genève, la plus grossière sera recyclée et à nouveau mélangée avec du digestat solide et des déchets verts pour démarrer un nouveau cycle de compostage.

Le projet prévoit la production de **12 000 tonnes de compost** par an.

## Schéma synthétique du traitement à venir

### Schéma traitement à venir - Genève



## Données économiques

SIG étant à la fois l'exploitant de l'unité de méthanisation et le gestionnaire du réseau de distribution, les données économiques ne sont pas facilement accessibles que ce soit pour l'actuel ou le futur projet. Le GESDEC a toutefois transmis quelques données de coûts pour l'installation en cours qui sont de l'ordre de :

- 400 €/t pour la collecte, le traitement et l'élimination ;
- 160 €/t traitée à Châtillon ;
- 260 €/t traitée par incinération à Cheneviers (95 €/t pour le compost incinéré).

L'investissement prévu pour le futur projet est de **37 millions d'euros**. Ce projet ne bénéficiera d'aucune subvention de la Confédération ou du Canton.

## Bilan global

### Points forts / Atouts

- Une pratique de la collecte de biodéchets depuis plus de 20 ans qui familiarise avec le geste.
- Complémentarité des solutions de collecte : en porte-à-porte et en écopoints.
- Une communication importante autour du geste de tri.

### Points faibles / Verrous / Limites

- Présence de sables et de sédiments dans le méthaniseur de façon récurrente et impliquant des arrêts de l'installation.
- Procédé actuel non optimisé puisqu'environ 1/3 de la production de compost est envoyé en incinération.
- Modèle économique peu connu.
- Mauvaise implication des agriculteurs – absence de concertation

### Recommandations

- En matière de communication, privilégier des messages ciblés plutôt que génériques pour parvenir à mobiliser les citoyens.
- Être au plus proche du citoyen.
- Privilégier des contenants de petite capacité pour une meilleure qualité de tri.

## Contexte général

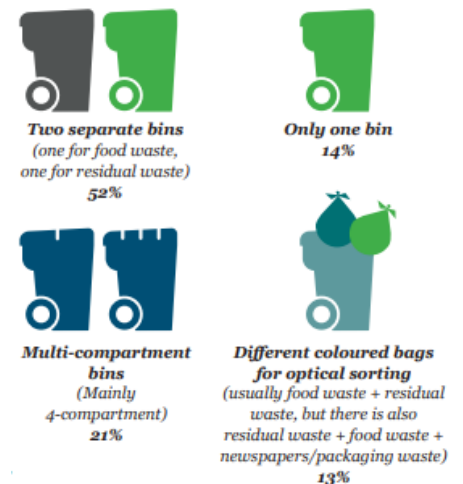
### Contexte national

La Suède possède une faible densité de population excepté dans les zones urbaines qui représentent 1,5 % du territoire et où vit 87 % de la population (1 437 personnes par km<sup>2</sup>).

En vertu du Code de l'environnement suédois, chaque municipalité est responsable de la gestion des **déchets municipaux**, qui correspondent depuis le 1<sup>er</sup> août 2020 aux déchets ménagers et à tout déchet similaire en nature et en composition tels que les déchets des restaurants, magasins, bureaux... Toutefois, les régions peuvent également investir ce champ et élaborer des plans régionaux.

La collecte séparée des biodéchets n'est pas obligatoire, mais des mesures y concourant existent : interdiction d'enfouir les biodéchets (depuis 2005) et existence d'une taxe sur l'enfouissement des déchets (introduite en 2000, fixée à 50 euros la tonne en 2015). Une taxe sur l'incinération des déchets avait été instaurée en 2006 afin de favoriser, entre autres, la valorisation de la matière organique. Abrogée en 2010 car elle n'avait pas eu les effets attendus sur le taux de valorisation, une nouvelle taxe sur l'incinération des déchets a toutefois été introduite le 1<sup>er</sup> avril 2020 et est évolutive : 7,5 euros par tonne en 2020, 10 euros en 2021 et 12,5 euros en 2022. Par ailleurs, les municipalités paient souvent une redevance de traitement qui peut varier considérablement selon le traitement. La charge pour la digestion anaérobie a légèrement diminué, de 50 à 49 euros par tonne en 2020 alors que la redevance de mise en décharge a augmenté de 24 % par rapport à 2019.

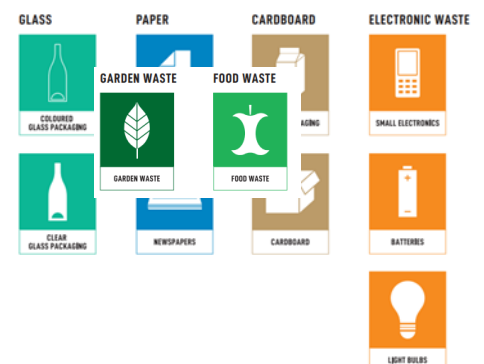
La collecte séparée des déchets alimentaires triés à la source est présente dans environ 225 municipalités. Parmi elles, 64 % font appel à des prestataires privés pour la collecte des déchets alimentaires et résiduels, 32 % l'assurent elles-mêmes et 4 % utilisent une combinaison de ces deux solutions. La collecte est principalement réalisée en porte-à-porte, avec un conteneur séparé pour les biodéchets, mais d'autres alternatives existent : dans certaines villes ou au sein de nouveaux quartiers, la gestion manuelle des déchets a été remplacée par des systèmes automatisés tels que la collecte des déchets sous vide ou en sous-sol ; il existe également des bacs à plusieurs compartiments, où différentes fractions sont triées dans des bacs séparés à l'intérieur de deux grands bacs ; enfin il existe des systèmes de collecte avec tri optique de sacs de couleurs différentes qui sont placés dans les mêmes bacs (cela concerne tout de même 13 % des communes qui collectent les déchets alimentaires).



**Avfall Sverige** est une organisation professionnelle regroupant communes, associations communales et entreprises de gestion des déchets. Ces membres ont rédigé un guide pour aider les municipalités et les entreprises à mettre en place le tri et la collecte des déchets alimentaires et les sensibiliser à l'importance de la qualité du tri par rapport à la qualité des produits finaux de traitement que sont le digestat et le compost.

En 2017, Dansk Affaldsforening (l'association danoise des déchets) a lancé un système national de pictogrammes (terminologie, symboles et couleurs) pour faciliter le tri et renforcer le recyclage des déchets qui est en passe de devenir commun à l'ensemble des pays nordiques (Suède, Danemark, Norvège, Finlande et Islande). Il a été adopté en Suède en 2020. Jusqu'à récemment, la **communication sur le tri et le traitement des déchets** différait d'un pays à l'autre, et souvent d'une commune à l'autre. Le système a été développé grâce à la collaboration entre les municipalités et les entreprises de déchets, l'industrie du recyclage, les producteurs et les détaillants d'emballage ainsi que les citoyens des pays nordiques.

Le système se compose de pictogrammes différents qui peuvent être utilisés aussi bien pour les déchets collectés chez les ménages et dans



les entreprises (par exemple le verre, le métal ou le plastique) que pour les déchets collectés dans les centres de recyclage. Le système vise à ce que les citoyens retrouvent les mêmes symboles de tri des déchets où qu'ils soient : au travail, à la maison, dans les lieux publics, au supermarché...

Les déchets alimentaires collectés sont traités par voie biologique avec l'objectif principal de boucler le cycle de la matière et ramener les nutriments au sol. En 2020, 4 839 430 tonnes de déchets municipaux ont été traités au niveau national, soit 466 kg par habitant, dont 776 280 tonnes (75 kg par habitant) de déchets alimentaires et de jardin collectés et traités par compostage ou méthanisation. Cette part a progressé de 11% par rapport à 2019 en raison de l'augmentation du nombre de municipalités qui collectent séparément les déchets alimentaires et les déchets de jardin.



Environ 60 % des municipalités suédoises collectent les biodéchets séparément pour les envoyer en méthanisation. Le **procédé de méthanisation est privilégié** car il permet à la fois de produire un biofertilisant qui se substitue aux fertilisants chimiques (réduction des importations de phosphore) et de produire du biogaz valorisé sous forme de chaleur, d'électricité et de biocarburant. En 2020, d'après les chiffres de Avfall Sverige, 83 % des déchets alimentaires ont été traités par méthanisation en co-digestion, 2 % par compostage, 8 % par méthanisation de station d'épuration (déchets qui se retrouvent dans les égouts après broyage sous évier), 7 % par compostage individuel. 1 763 010 tonnes de déchets traités par méthanisation ont généré 1 823 620 tonnes de digestat et près de 1 107GWh sous forme de biocarburant (87 %), d'électricité (1 %), de chaleur (4 %) et autres 2 %. 6 % de la production a été brûlée en torchère.



La plupart des installations de traitement qui produisent du compost ou du digestat peuvent **labelliser leurs produits** grâce à un système de certification, **SPCR 120**, développé par Avfall Sverige en concertation avec les industries agricoles et alimentaires, les producteurs de compost et de digestat, les pouvoirs publics et les chercheurs. Cette certification qui couvre toute la chaîne, de la matière première au produit fini, existe depuis 1999. Il permet un **accès gratuit à la qualité du produit**, l'objectif étant d'augmenter la **confiance du client** envers le produit et d'améliorer les opportunités de vente.

Un produit certifié doit forcément être composé de matières organiques telles que des déchets alimentaires triés à la source, du fumier, des cultures et des résidus de culture. Le mélange avec des déchets de STEP n'est pas autorisé. En outre, le produit doit être hygiénisé, et doit répondre aux exigences de teneur en métal. Les audits d'installations et la délivrance des certificats sont effectués par un organisme de certification indépendant, RISE (Research Institutes of Sweden).



Les conditions de certification, les exigences techniques et de contrôle continu des biofertilisants certifiés sont basées sur divers documents tels que le rapport « Lancement de systèmes de certification pour le compost et le digestat » qui décrit les normes et critères en vigueur, la législation sur les sous-produits animaux et le manuel de l'Agence suédoise de protection de l'environnement donnant des conseils généraux sur les méthodes de stockage, digestion et compostage des déchets. Le système de certification aide aussi l'établissement à se **conformer à la législation**. Actuellement 26 des 36 usines de méthanisation du pays sont certifiées. La **qualité du déchet collecté** étant primordiale pour assurer la qualité des biofertilisants, un travail de **communication** a été engagé en 2013 avec la production de fiches d'informations abordant diverses thématiques à destination des utilisateurs du biofertilisants. Les thématiques abordées sont les effets du produit (nutrition, fertilité, etc.), l'utilisation du produit (technique d'épandage, réglementation), des éléments de

communication sur le processus de fabrication du produit (qualité).

De plus, la certification impose, à compter du 1<sup>er</sup> sacs en papier, certifiés pour le contact avec les obligation répond aux préoccupations contenues dans les sacs de collecte et qui biofertilisant (produits chimiques, métaux de maintenir le niveau élevé de confiance actuel compétitifs vis-à-vis des engrais minéraux.



juillet 2023, l'utilisation de denrées alimentaires. Cette concernant les substances pourraient s'infiltrer dans le lourds...). Elle doit permettre et de rendre les biofertilisants

De nombreuses municipalités qui mettent en place le tri à la source et la collecte sélective sur la base du volontariat, incitent les ménages en **diminuant leurs charges** s'ils participent. Pour atteindre un taux de recyclage plus élevé des déchets, plusieurs communes ont instauré une **redevance au poids** sur les déchets collectés.

## Le territoire en quelques mots



Avec plus de 230 000 habitants, Uppsala, 4<sup>ème</sup> agglomération la plus peuplée du pays, présente une densité de 85,7 hab./km<sup>2</sup>. La ville compte plus de 180 000 habitants, avec une population constituée de 40 % d'étudiants (données 2005).

En 2020, Uppsala a collecté et traité 49 870 tonnes de déchets dont 56 % de déchets alimentaires (28 130 tonnes).

La production de biogaz à Uppsala a commencé dès les années 1940 dans le cadre du traitement des boues d'épuration. En 1996, la première raffinerie de gaz et une station de ravitaillement ont été construites et les premiers bus alimentés au biogaz ont commencé à fonctionner. La même année, une unité de production de biogaz a été construite pour traiter du lisier et des déchets d'abattoirs.

**Uppsala Vatten** est l'entreprise en charge de plusieurs services municipaux tels que l'eau, l'assainissement et la gestion des déchets. Pour le traitement, l'entreprise dispose d'un centre d'enfouissement et d'une usine de méthanisation des biodéchets.

## Gestion des biodéchets

La collecte des biodéchets de la ville d'Uppsala est gérée par Uppsala Vatten. Ce service municipal collecte également les biodéchets des municipalités environnantes. La collecte se fait en porte-à-porte auprès des ménages qui, depuis 2020, doivent obligatoirement mettre leurs biodéchets dans des sacs en papier distribués par Uppsala Vatten (et à l'avenir aussi par les magasins). Les sacs en plastique ont été interdits pour éviter de perturber le processus de digestion des biodéchets et la présence de plastique dans le digestat.



L'utilisation des sacs en papier fournis sera par ailleurs une condition pour que le digestat produit lors du traitement par méthanisation puisse conserver sa certification à partir de 2023. Les ménages disposent également d'un bioseau ajouré pour stocker leurs biodéchets au préalable. Les déchets sont ensuite jetés dans des bacs bruns.

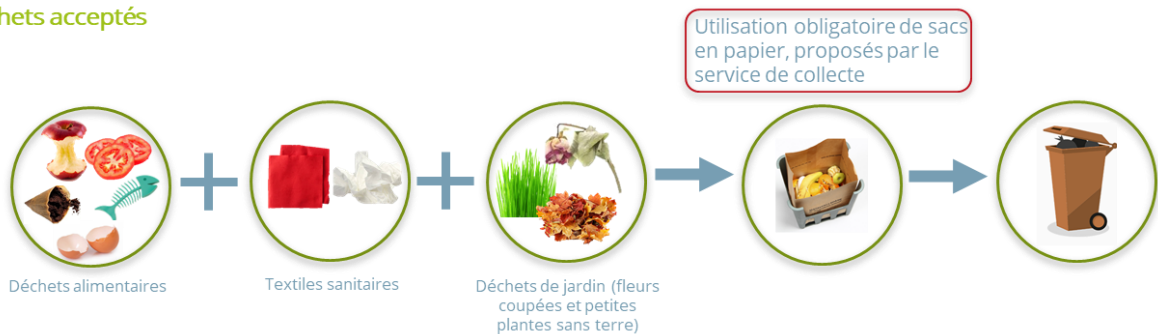


Les biodéchets des ménages sont collectés une fois par semaine. Les déchets admis sont les déchets alimentaires (carnés inclus) suivants :

- Les restes alimentaires ;
- Les coquillages ;
- Les pelures de fruits et légumes ;
- Le pain ;
- Les restes de viande et de poisson ;
- Le marc de café ;
- L'essuie-tout et serviettes en papier ;
- Les sachets de thé et les filtres à café ;
- Les fleurs coupées et petites plantes en pot sans terre.

Les graisses de cuisson sont également acceptées, la ville préconise même d'essuyer le surplus de cuisson avec de l'essuie-tout qui sera jeté dans le bac brun.

### Déchets acceptés



En revanche, les déchets suivants ne sont pas acceptés : gros os, grosses graines (noyaux de l'avocat par exemple), couches, déchets de jardin, branches et brindilles, boue ou terre, emballage, chewing-gum ou plastique biodégradable.

Le tri obligatoire des déchets ménagers organiques a été instauré en 2000 à Uppsala. Dès les années 2010, Uppsala a mené de nombreuses campagnes d'information auprès des ménages, des écoles et des crèches pour sensibiliser sur la qualité du tri des biodéchets qui conditionnait entre autres la qualité du digestat.

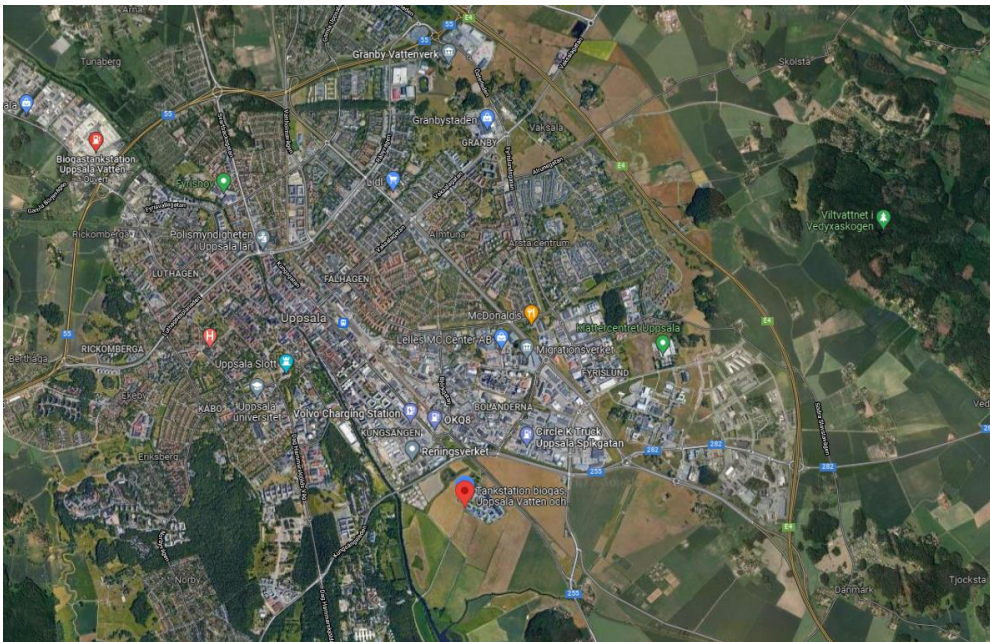
La ville propose également aux habitants de signaler l'utilisation de composteurs individuels.

## La filière de traitement

Suite à l'obligation de tri des déchets ménagers organiques en 2000, les 6 premières années, la fraction collectée était compostée. Depuis 2006, les déchets alimentaires collectés sont traités par méthanisation.

L'usine de biogaz d'Uppsala a été construite en 1996 pour la digestion du fumier et des déchets d'abattoir. Après l'installation de nouveaux équipements en 2006, elle a commencé à recevoir des déchets alimentaires. Cette unité de méthanisation est située sur la ferme de Kungsängen à proximité de la ville et compte 9 employés.

Le biogaz produit est utilisé pour alimenter des bus de la ville et de la région. Le digestat est utilisé comme biofertilisant certifié et distribué aux exploitations agricoles environnantes. Upsalla Vatten collecte les biodéchets, exploite l'unité de traitement et opère une unité de ravitaillement de bus en biométhane carburant.



### Déchets réceptionnés sur l'unité de traitement

Bien que située à Uppsala, l'installation reçoit également les déchets des communes environnantes, ainsi que des abattoirs et d'autres producteurs de biodéchets (industries pharmaceutiques, commerces, industries agro-alimentaires). Les déchets réceptionnés sont donc variés : déchets alimentaires des ménages, poisson, viandes, fruits et légumes impropres à la consommation, biodéchets conditionnés, sucres d'industries pharmaceutiques... Les déchets alimentaires des ménages représentent environ 30 000 tonnes sur les 50 000 réceptionnés par an.

Après avoir constaté des problèmes de dysfonctionnement au niveau du procédé biologique, l'usine a arrêté de traiter les déchets trop riches en protéine de type tofu.

## Préparation et stockage des déchets avant traitement

Initialement deux lignes de prétraitements existaient : une pour les déchets alimentaires des ménages en sac et une pour les déchets alimentaires en vrac tels que les déchets d'abattoir. Un équipement dédié déchirait et séparait les sacs de leur contenu organique. Les sacs étaient compressés et envoyés à l'incinération. La fraction organique était convoyée grâce à des vis sans fin vers un équipement où elle était alors mélangée aux déchets alimentaires arrivés en vrac.

Après avoir rencontré plusieurs problèmes, les modalités de préparation ont été modifiées et il existe aujourd'hui plusieurs lignes avec par exemple un broyeur, un séparateur magnétique... Avec l'utilisation obligatoire de sacs en papier depuis 2020 pour la collecte des biodéchets, l'étape de séparation des sacs a été supprimée.

Le mélange de déchets organiques est ensuite dilué par ajout d'eau dans un pulpeur de manière à pouvoir être pompé et incorporé dans les digesteurs. Le substrat obtenu comprend 15 % de matière sèche.

Les déchets organiques sont hygiénisés en amont de la méthanisation grâce à trois cuves de 8 m<sup>3</sup> utilisées alternativement et dont la sortie est commune. Les déchets y sont chauffés et maintenus à 70°C pendant 1h.

La filière technique actuelle n'a a priori plus de capacité de stockage (indiqué dans un descriptif de 2014). Les déchets peuvent par conséquent être amenés à rester stockés dans les camions de collecte le temps de pouvoir être incorporés au système.

## Le procédé de méthanisation

L'unité de méthanisation est un procédé en voie humide continue composé de deux digesteurs de 2 300 m<sup>3</sup> chacun et de type CSTR (Continuously Stirred Tank Reactor). La méthanisation est opérée en conditions thermophiles à une température d'environ 52°C et avec un temps de séjour de l'ordre de 30 jours. Les déchets sont transformés en biogaz, valorisé sous forme de biocarburant pour les bus, et en digestat, valorisé comme biofertilisant certifié.



L'usine date de 1996 et a subi des modifications successives : en 2006 pour permettre la réception des déchets alimentaires des ménages, en 2010 pour augmenter la capacité de production de biogaz en recevant des biodéchets des ménages d'autres municipalités, en 2016 pour améliorer les modalités de prétraitement. En 2018, une nouvelle station de ravitaillement a été construite avec le soutien financier de l'Agence suédoise de protection de l'environnement 650 000 €.

Un projet d'extension de l'usine de méthanisation de la ferme de Kungsängen est en cours de développement. L'objectif de Uppsala Vatten est de prolonger le temps de fonctionnement de l'usine, de réduire l'impact environnemental global tout en augmentant la production de biogaz. Une demande d'autorisation pour passer d'une capacité de traitement de 50 000 à 100 000 tonnes de déchets par an est en cours. Goodtech Environmental Solutions Ab a remporté le contrat pour la réalisation de l'extension, avec un montant d'environ 1,5 millions d'euros. Le projet devrait être achevé d'ici fin de 2022.

## La valorisation organique

Actuellement l'unité de méthanisation permet de produire environ 60 000 tonnes de digestat par an. Le digestat est pompé du digesteur vers une cuve en passant par des échangeurs thermiques pour refroidir la matière et valoriser l'énergie thermique au sein du process. Le digestat n'est pas stocké sur site. Il est directement transporté sur les exploitations agricoles environnantes où il est stocké en attendant les périodes d'épandage autorisées. Le digestat est certifié sous l'intitulé « Biofertilisant d'Uppsala Vatten och Avfall AB » ce qui signifie qu'il est utilisable en agriculture biologique. Les analyses sont publiées et transmises aux exploitants agricoles. Actuellement, il n'y a pas de séparateur de phase. Un tel système est potentiellement envisagé dans le cadre du projet d'extension pour optimiser les coûts et l'empreinte environnementale de la gestion du biofertilisant.

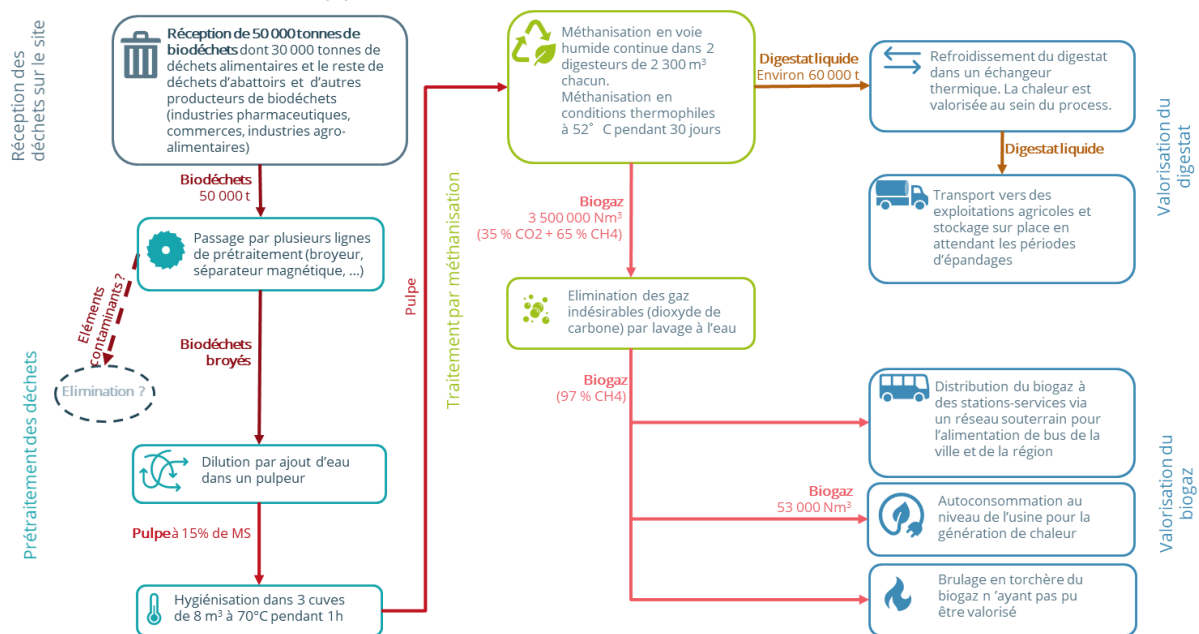
## La valorisation énergétique

L'unité de méthanisation permet de produire environ 3 500 000 Nm<sup>3</sup> de biométhane. Le biogaz produit est composé en moyenne de 65 % de méthane et de 35 % de dioxyde de carbone. La majorité du biogaz produit est utilisé comme biocarburant après avoir été épuré par lavage à l'eau (séparation du CO<sub>2</sub>) et avoir atteint une teneur minimum en méthane de 97 %. Une partie du biogaz est aussi autoconsommée sous forme de chaleur (53 000 Nm<sup>3</sup>/an de biogaz) et une autre torchée en cas d'incapacité de valoriser le méthane produit (et ainsi éviter toute émission à l'atmosphère). Le biogaz produit est ensuite distribué via un réseau sous-terrain vers les stations de ravitaillement de bus de villes et de bus régionaux qui sont au nombre de deux à Uppsala : une située directement sur le site de l'usine de biogaz à la ferme de Kungsängen (au sud de Uppsala) et une autre à Edsbrogatan 4 à Librobäck (au nord de Uppsala). Le prix du biogaz est de 19,00 SEK/kg (TVA incluse) ou 1,90 €/kg.



## Schéma synthétique du traitement

### Schéma traitement - Uppsala



## Bilan global

### Points forts / Atouts

- Prise en compte et communication autour de la valeur énergétique du déchet alimentaire “10 kg of food waste corresponds to a litre of petrol”.
- La vente de biométhane pour le ravitaillement est jugée particulièrement pertinente au niveau local par Uppsala Vatten car la baisse de déchets alimentaires à traiter en été du fait du départ des étudiants de la ville s’accompagne d’une baisse des besoins en biocarburant pour les bus. Uppsala Vatten précise que le développement d’unités de méthanisation sur des exploitations agricoles permettrait de multiplier les infrastructures de ravitaillement et donc d’augmenter la disponibilité des carburants d’origine non fossile sur le territoire.
- La certification du digestat est un réel atout dans la relation de confiance avec les exploitants agricoles.
- Après avoir dû surmonter de nombreux dysfonctionnements (mécaniques, biologiques...), Uppsala Vatten a une réelle maîtrise et connaissance de son installation qui rassure les citoyens.

### Points faibles / Verrous / Limites

- Uppsala a rencontré beaucoup de difficultés au fil des années notamment sur la réception des déchets, le fonctionnement du procédé (en lien avec un apport de déchets trop riches en protéines) et même des incidents (explosion). Jusqu’à 2011, l’unité de traitement n’était pas rentable économiquement. La montée en compétences et en connaissances a permis de disposer d’une usine qui aujourd’hui fonctionne.
- Les problèmes d’odeurs demeurent malgré la mise en place de divers systèmes de traitement.
- La proposition du gouvernement au printemps 2021 de ne plus classer les véhicules alimentés en biométhane comme des « véhicules verts » peut freiner leur développement à l’échelle nationale.

### Recommandations

- Uppsala Vatten insiste sur la nécessité de sécuriser un approvisionnement suffisant avec un minimum de 20 000 tonnes de déchets organiques par an pour espérer avoir un retour sur investissement sur un modèle similaire.
- La communication sur la qualité du déchet collecté, du digestat produit est aussi primordiale.

## Contexte général

### Contexte national

Le Royaume Uni ne dispose pas de mesures obligeant la collecte séparée des biodéchets, mais l'encourage à travers la taxation de l'enfouissement des déchets. Cet engagement a en outre permis de réduire le gaspillage alimentaire d'un million de tonnes entre 2007 et 2015.

En 2018, le gouvernement a également présenté sa stratégie sur les ressources et les déchets, s'engageant à introduire des collectes séparées pour les déchets alimentaires ménagers au Royaume-Uni, d'ici 2023. L'une des 5 ambitions stratégiques était la suivante : travailler à éliminer les déchets alimentaires mis en décharge d'ici 2030.

Le Royaume Uni s'est également engagé par le biais d'accords volontaires dont le Courtauld Commitment 2025, qui vise à réduire le gaspillage alimentaire par habitant au Royaume-Uni de 20 % supplémentaires, entre 2015 et 2025.

Suite au Brexit, le Royaume uni a suivi l'exemple de l'Union Européenne en dévoilant en 2020 son propre « Circular Economy Package » dont les principaux objectifs sont : le recyclage de 65 % des déchets municipaux d'ici 2035 et une mise en décharge de 10 % des déchets au maximum d'ici 2035 également. Il limite également les matériaux pouvant être enfouis ou incinérés et comprend une exigence pour que les déchets qui sont collectés séparément pour être recyclés ne soient pas enfouis ou incinérés.

Ainsi sans donner d'objectifs précis sur la collecte séparée des biodéchets, le paquet d'économie circulaire du Royaume Uni y contribue.

### Le territoire en quelques mots

En 2006, Bristol est devenue la première ville centrale du Royaume-Uni à introduire des collectes séparées de déchets alimentaires ménagers. Par ailleurs, Bristol est le pionnier de l'innovation dans la réduction du gaspillage alimentaire. L'approche de Bristol pour la gestion des déchets alimentaires repose sur les principes de la hiérarchie des déchets, étayés par la stratégie « Vers un Bristol zéro déchet » du Conseil municipal de Bristol (2016). Le travail collectif vers l'excellence du gaspillage alimentaire s'est concentré sur la façon dont la ville peut efficacement intégrer et mettre en œuvre ces principes.

La population de Bristol est estimée à 465 900 habitants (donnée 2020). Les estimations démographiques de 2020 pour les collectivités locales ont été publiées par l'Office for National Statistics (ONS) le 25 juin 2021.

Bristol représente 70 % de la population totale de l'agglomération de Bristol, qui est communément appelée « Greater Bristol ». La population de l'agglomération est estimée à 670 300 habitants (donnée 2019).

La collecte des déchets est assurée par le prestataire « Bristol Waste Company » sur le territoire de la ville de Bristol, tandis que le traitement est réalisé par GENeco qui exploite le site de méthanisation d'Avonmouth à moins de 10 km au nord-ouest de Bristol.

## Gestion des biodéchets

### Consignes de tri et pré-collecte

Les ménages disposent de bacs de petite capacité (23L) pour la collecte des biodéchets. Les déchets alimentaires acceptés sont les suivants :

- Pain, pâtes, céréales et riz ;
- Aliments cuits et non cuits ;
- Produits laitiers et coquilles d'œufs ;
- Epluchures ou déchets de fruits et légumes ;
- Restes de nourriture et raclures d'assiettes ;
- Viande, poisson et os ;
- Sachets de thé, feuilles de thé et marc de café.

Liste des déchets alimentaires (emballages) non acceptés :

- Tout autre déchet ménager ;
- Verre et papier déchiqueté : à mettre dans le bac de recyclage noir ;
- Métal et plastique : à mettre dans le bac de recyclage vert ;
- Carton : à mettre dans le sac bleu.

Pour faciliter le tri des déchets, Bristol Waste autorise les usagers à protéger leurs contenants avec du papier journal, des sacs compostables ou non ou des emballages issus du réemploi (double de boîte de céréales vide, sacs à pain, sac de transport en plastique). Cette pratique est autorisée compte tenu que le processus de tri opéré par GENeco par la suite permet de séparer ces sacs. En revanche, tout autre emballage (plus épais, tels que des barquettes même compostables) n'est pas autorisé. L'utilisation de sacs plastiques a même été privilégiée pour augmenter les quantités de déchets alimentaires collectés. En effet, Bristol Waste, qui collecte les déchets alimentaires des ménages, et GENeco, qui les réceptionne, ont constaté une nette augmentation des quantités lorsque le geste de tri était « facilité ».

### Déchets acceptés



Déchets alimentaires



Utilisation autorisée des sacs en plastique (compostable ou non)

En revanche, GENeco a indiqué que la mise en place des camions multi-compartiments n'avait pas forcément amélioré la qualité des déchets collectés. La présence de piles dans les déchets alimentaires a même été constatée, induisant des problèmes de teneur en Nickel et Cadmium dans le digesteur et le digestat.

## Collecte

Bristol Waste collecte les déchets alimentaires des ménages et de quelques professionnels tandis que GENeco collecte uniquement les déchets alimentaires des professionnels.

Plusieurs équipements de collecte sont mis en œuvre :

- Pour les déchets alimentaires des ménages collectés par Bristol Waste : Camion multi-compartiments depuis 2019 de manière à collecter en porte-à-porte plus d'une dizaine de déchets différents dont les déchets alimentaires.
- Pour les déchets alimentaires des professionnels collectés par GENeco :
  - Camion « Bio-Bee » alimenté par du biométhane, plutôt destiné aux clients locaux (magasins, cafés...);
  - Camion de collecte classique plutôt destiné aux clients éloignés du site ou produisant de gros volumes de déchets (supermarchés, usines de transformation de viande...).



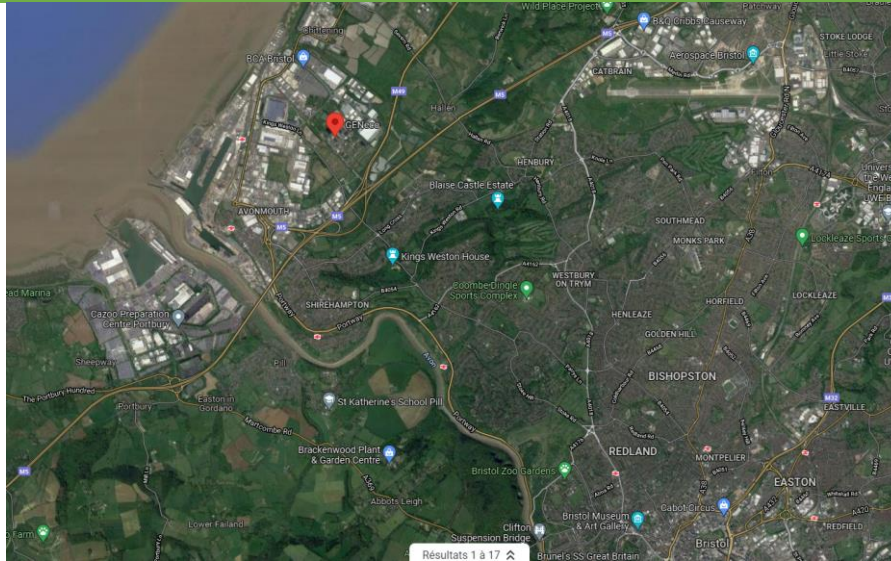
La collecte en porte à porte des déchets alimentaires est un service facturé aux ménages.

Au total, 55 000 tonnes de déchets alimentaires sont réceptionnées sur le site de GENeco. Parmi ces 55 000 tonnes, 30 à 35000 proviennent de la collecte séparative opérée par Bristol Waste auprès des ménages (soit environ 60 %). Le reste provient de contrats commerciaux de GENeco, avec notamment les déchets issus des campagnes de collecte des Bio-bees.

Le compostage de proximité est encouragé comme procédure de traitement et de valorisation des déchets alimentaires mais la ville n'a mis aucun dispositif particulier pour le déployer, exceptée la possibilité d'acheter un composteur à prix réduit auprès du Conseil Municipal de Bristol. A ce stade, Bristol Waste ne dispose d'aucune donnée pour évaluer et suivre le taux de participation ou de déchets détournés par le compostage de proximité.

En ce qui concerne les déchets verts des jardins, la ville de Bristol permet à ses usagers l'achat de poubelles spécifiques ou de sacs de collecte dédiés. Ces déchets sont collectés sur demande de l'utilisateur par la Bristol Waste Company.

## La filière de traitement



L'installation de traitement et de recyclage des déchets alimentaires de Avonmouth est localisée au sein du plus grand centre de traitement des eaux usées et des boues de Wessex Water Bristol. L'unité de méthanisation date de 2013. Le site fonctionne 24h/24 et 7j/7 permet ainsi de mutualiser les charges d'exploitation (main d'œuvre...) et d'optimiser le foncier.

Le choix de la ville de Bristol de se tourner vers l'unité de traitement de GENeco à Avonmouth fait suite à un appel d'offre dont les critères de choix étaient les suivants : proximité du site de traitement par rapport aux gisements collectés, taux de refus et coût de la solution.

### Déchets réceptionnés et préparés sur l'unité de traitement

Le site d'Avonmouth offre des solutions de traitement pour 3 flux principaux :

- **Les déchets alimentaires traités par méthanisation** : le site de Avonmouth de GENeco réceptionne près de 35 000 tonnes de déchets alimentaires collectés par Bristol Waste, pour un total de près de 55 000 tonnes par an ;
- **Les déchets verts traités par compostage** : ils sont collectés par Bristol Waste auprès des ménages puis regroupés au niveau de plateformes de transfert et amenés à GENeco qui les traite par compostage. Les déchets verts réceptionnés par GENeco représentent 30 000 tonnes ;
- **Les déchets liquides** : Le site de méthanisation traite également des boues d'épuration. La capacité de traitement est de 1 000 000 de tonnes. Actuellement, le site traite 600 000 tonnes de boues primaires et secondaires.

GENeco a par ailleurs la capacité de traiter un surplus de déchets en exportant la matière sur une dizaine de sites de méthanisation dits « satellites ».

Lorsqu'ils sont réceptionnés sur le site, les déchets alimentaires subissent **une étape de tri par l'utilisation d'un déconditionneur**, qui permet de séparer les biodéchets des sacs (compostables ou non) dans lesquels ils peuvent être conditionnés. La séparation des plastiques permet de produire un flux de matière organique similaire à une soupe enrichie en organique. Sur 600 tonnes de déchets réceptionnés par semaine sur le site, environ 20 tonnes de plastiques sont séparées et doivent être traitées.

Depuis 2008, GENeco est une entreprise « zéro déchet en stockage ». Le flux de déchets riche en plastique séparé des déchets alimentaires réceptionnés est donc envoyé sur leur usine d'incinération (à proximité directe du site de méthanisation) pour être valorisé énergétiquement. Après broyage, les déchets alimentaires réceptionnés sont ensuite **hygiénisés** par un traitement thermique à 70°C pendant 1h.

Une des principales difficultés que peut rencontrer GENeco dans ces étapes de réception et de pré-traitement est la présence de nombreux contaminants : sacs plastiques, emballages, piles, etc. Bien que les sacs plastiques soient autorisés car facilitateur du geste de tri, leur présence dans les déchets constitue une difficulté pour l'unité de traitement. GENeco observe une augmentation de la teneur en plastique dans le digestat final. Malgré la possibilité de les incinérer et la proximité du site d'incinération, GENeco souhaiterait diminuer le volume de déchets plastiques en raison du coût de traitement associé, qui est en constante augmentation.

## Le procédé de méthanisation

Les déchets alimentaires collectés et réceptionnés et les boues produites par la station d'épuration d'Avonmouth sont traités sur la même usine de méthanisation mais sur des lignes différentes. L'unité de traitement présente en effet 3 lignes de traitement : deux dédiées au traitement des boues de STEP et une dédiée aux déchets alimentaires. Les déchets et les sous-produits ne sont jamais mélangés. Ce choix a notamment été fait car les tarifs d'injection règlementés appliqués aux voies de valorisation du biogaz produit par le traitement des déchets alimentaires sont plus avantageux que ceux appliqués au traitement des boues de STEP.

Le procédé de méthanisation mis en œuvre sur le site est composé de deux étapes :

- Une étape acide où les conditions du milieu réactionnel permettent d'optimiser les premières étapes réactionnelles de la méthanisation (hydrolyse et acidogénèse) et de lisser les hétérogénéités de cinétiques réactionnelles ;
- Une étape de digestion anaérobie mésophile où les conditions appliquées permettent d'optimiser la méthanogénèse (étape ultime de la méthanisation dont le produit de la réaction est le biogaz).

Chaque ligne de méthanisation est donc constituée de deux réacteurs. Le temps de séjour dans le réacteur de la méthanisation est de 21 jours.

GENeco ne relève pas de difficulté particulière au cours du procédé biologique. Ils assurent une maintenance hebdomadaire de leurs équipements ce qui leur permet de limiter la maintenance curative. Ils disposent par ailleurs de stocks de pièces de rechange spécifiques pour limiter le risque d'arrêt prolongé des installations.

Actuellement GENeco dispose d'une autorisation d'exploiter pour le traitement de 50 000 tonnes de déchets alimentaires par an. GENeco dispose néanmoins d'une capacité de traitement supérieure grâce à l'existence d'un bassin tampon et d'unités de méthanisation « satellites ». GENeco envisage ainsi la possibilité d'augmenter les quantités qu'il est autorisé à traiter.

## La valorisation organique

L'unité produit 5 000 tonnes de digestat solide de déchets alimentaires dit « cake » et 200 000 tonnes de digestat de boues. Ce digestat, aussi appelé « biofertilizer » est stocké dans des cuves.

**Le digestat est ensuite vendu à des exploitants agricoles.** Aujourd'hui plus d'une centaine de contrats sont passés avec des exploitants agricoles pour une durée de 1-2 ans. Le digestat est utilisé pour ses apports riches en nutriments. D'après GENeco les agriculteurs sont satisfaits par cette alternative aux engrais conventionnels et renouvèlent leurs contrats (certains l'utilisent depuis le début du fonctionnement de l'installation).

Une équipe d'agronome travaille chez GENeco pour veiller à la qualité des digestats produits. Les digestats sont régulièrement échantillonnés et analysés selon un protocole qui permet de prouver la qualité du produit et son adéquation avec la réglementation imposée par l'agence environnementale nationale.

Une des difficultés rencontrées par GENeco dans cette étape du traitement concerne les conditions de stockage du digestat solide. Suite à une explosion survenue sur l'une des cuves, des investigations sont effectivement en cours sur cet aspect du traitement.

## La valorisation énergétique

56 000 m<sup>3</sup> de biogaz sont produits par jour sur l'ensemble des lignes de traitement (déchets alimentaires et effluents liquides).

Le biogaz est principalement récupéré en sortie des réacteurs de digestion anaérobie, mais pour disposer d'un maximum de biogaz produit, les ciels gazeux des stockages de digestat sont également connectés aux gazomètres des digesteurs.

Le biogaz produit par les boues et les déchets alimentaires alimentait auparavant uniquement des centrales de cogénération pour la production de chaleur et d'électricité du site. Aujourd'hui plusieurs voies de valorisation co-existent :



- l'injection dans le réseau de distribution de gaz naturel ;
- la cogénération d'électricité et de chaleur ;
- la production de biocarburant pour alimenter des bus, des camions de collecte (bio-bee) et un véhicule (Bio-Bug).

### • Focus sur l'injection dans le réseau de distribution

L'injection est la voie de valorisation la plus rentable pour les déchets alimentaires, compte tenu de tarifs de rachat très avantageux du biométhane injecté produit par méthanisation des déchets alimentaires. Pour les boues, ces tarifs sont moins avantageux, ce qui explique le choix de séparer ces deux flux.

L'usine produit jusqu'à 1 950 m<sup>3</sup>/h de biométhane à injecter dans le réseau national de gaz. Les gaz indésirables (dioxyde de carbone et sulfure d'hydrogène) sont éliminés par biolaveur. L'usine présente une capacité de traitement du biogaz brut de 2 500 m<sup>3</sup>/h. Le biogaz traité présente des teneurs en biométhane supérieures ou égales à 98 %. Le gaz est enrichi avec un petit volume de propane en vue d'améliorer le pouvoir calorifique du gaz injecté. Des filtres à charbon sont par ailleurs utilisés pour le traitement des odeurs.

Avant son injection dans le réseau de distribution opéré par Wales & West Utilities, le biométhane enrichi est analysé et subit des contrôles de qualité stricts. L'usine fournit suffisamment de gaz pour approvisionner plus de 8 300 foyers. L'installation est auto-suffisante en énergie.

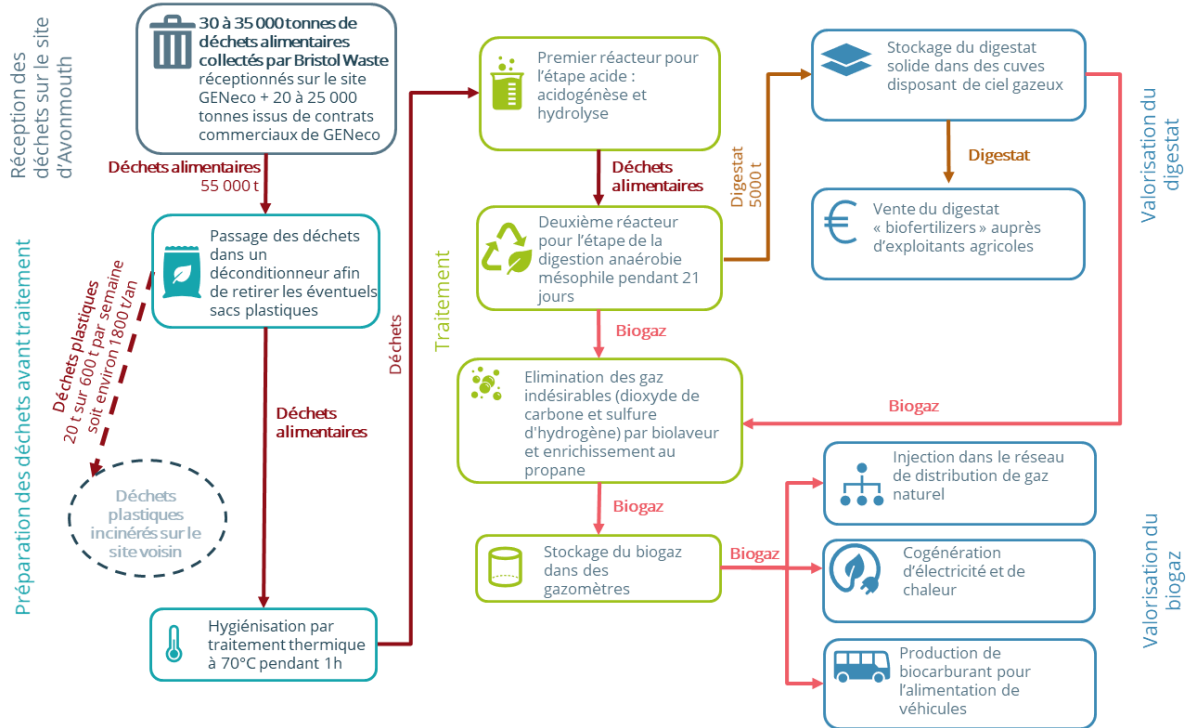
Green Gas Certification Scheme (GGCS) est un système qui permet de suivre le biométhane, ou « gaz vert », tout au long de la chaîne d'approvisionnement afin de fournir une garantie d'origine à ceux qui l'achètent. Chaque unité de biométhane injectée dans le réseau remplace une unité de gaz conventionnel. Chaque kWh de biométhane est étiqueté électroniquement avec un identifiant unique connu sous le nom de Garantie d'Origine Renouvelable (RGGO). Cet identifiant contient des informations sur où, quand et comment le gaz vert a été produit. Il garantit qu'il n'y a pas de double comptage de la production à l'utilisation finale. Les installations d'injection du biométhane de déchets alimentaires GENeco d'Avonmouth sont enregistrées auprès du GGCS.

### • Focus sur le ravitaillement de véhicules

Le ravitaillement des bus ou des camions de collecte n'est pas la voie la plus rentable mais l'enjeu est majeur pour impliquer les populations, donner du sens aux gestes de tri et aux efforts demandés à la population et illustrer de façon concrète l'économie circulaire. Valoriser une partie de la production de biogaz sous forme de carburant est ainsi un argument de communication et d'acceptabilité sociale majeur. L'impact environnemental limité par rapport à un carburant classique est par ailleurs mis en avant par GENeco (avec notamment des émissions de particules fines nettement réduites). GENeco gère directement la station de ravitaillement. Malgré le paiement de la taxe sur les véhicules par GENeco, le tarif du biocarburant est plus avantageux.

## Schéma synthétique du traitement

### Schéma traitement - Bristol



## Bilan global

### Points forts / Atouts

- La législation nationale et notamment la taxation du stockage des déchets est particulièrement incitative pour la mise en place de solutions alternatives.
- Le biogaz valorisé profite directement aux ménages qui produisent les déchets alimentaires (via l'injection dans le réseau et via le ravitaillement des bus). Cette boucle circulaire constitue un argument de communication essentiel (voir point ci-dessous).
- La bonne gestion de la communication est un des éléments de réussite. Les bonnes pratiques en matière de communication sont effectivement nombreuses : éducation pour faire accepter le procédé et le modèle (dans les écoles ou les universités par exemple), campagnes de communication régulières, méthodes de communication décalée, communication importante sur la circularité. Cette communication donne du sens au geste de tri et permet aux usagers de réaliser l'impact du geste.



### Green gas power for Bristol homes

Thousands of homes in Bristol are being powered by gas produced from their own waste.



<https://www.geneco.uk.com/news/green-gas-power-for-bristol-homes>

1/5

### Points faibles / Verrous / Limites

- Les erreurs de tri sont fréquentes notamment depuis la mise en place des camion multi-compartiments. La présence de piles dans les déchets alimentaires a notamment été mise en évidence. GENeco ne dispose pas de système de tri/séparation de ces déchets. Ils peuvent ainsi se retrouver mélangés aux déchets alimentaires et passent par les broyeurs. Cela induit la présence de contaminants tels que du Nickel et du Cadmium.
- Aujourd'hui, le site fonctionne correctement, mais ils ont dû beaucoup apprendre sur la maintenance.
- La capacité de traitement est limitante aujourd'hui. S'ils pouvaient, ils dimensionneraient différemment les installations aujourd'hui. Pour la ville de Bristol seule, il a été estimé que 25 000 tonnes de déchets alimentaires issus des « black bags » finissent en stockage. La capacité de traitement devrait être doublée pour absorber la totalité des déchets alimentaires.

### Recommandations

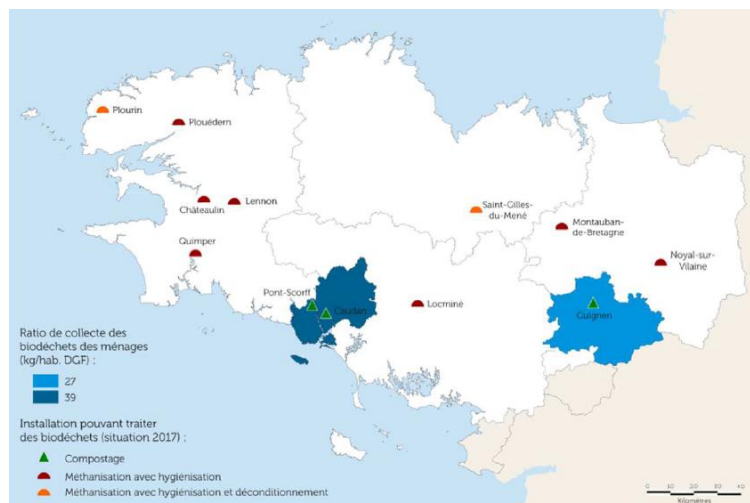
- L'optimisation de l'espace et l'augmentation de la capacité de digestion du site représentent des enjeux majeurs pour le site d'Avonmouth. Une des pistes pourrait être de s'appuyer sur les sites « satellites ».
- Les efforts de communication sont à poursuivre.

## Contexte général

### Contexte national et régional

Le PRPGD de Bretagne a été élaboré en mars 2020 et fixe des objectifs jusqu'en 2032. Le plan breton repose sur deux trajectoires fortes : réduire à zéro l'enfouissement des déchets en 2030 et valoriser l'ensemble des déchets bretons en 2040. Il présente l'état des lieux suivants :

- Les biodéchets des ménages sur le territoire représentent en 2016 : 10 400 tonnes de biodéchets issus de collecte séparative et compostées, 49 000 tonnes de FFOM triées et valorisées dans les TMB par compostage, 142 000 tonnes (estimation) de FFOM dans les OMR enfouies ou incinérées ;
- Les pratiques de tri à la source des biodéchets par les collectivités sont les suivantes :
  - De nombreuses collectivités ont mis en œuvre des solutions de gestion domestique (distribution de composteurs individuels, mise en place de compostage partagé) ;
  - 2 collectivités bretonnes (Lorient Agglomération et le SMICTOM des Pays de Vilaine) ont mis en place une collecte séparée des biodéchets en porte à porte (10 450 tonnes collectées en 2016 qui ont permis la production de 3 400 tonnes de compost à Lorient et 3 300 tonnes pour les Pays de Vilaine après mélange avec des végétaux issus des déchèteries) ;
  - Les collectivités de Rennes Métropole, Brest Métropole et du SMICTOM du Menez Bre proposent par ailleurs une collecte en porte à porte des biodéchets auprès des gros producteurs et 380 tonnes ont ainsi été collectées en 2016 ;



- Les ordures ménagères résiduelles contiennent en moyenne 28 % de fraction fermentescibles (données de caractérisation bretonnes) ;
- La Bretagne compte actuellement 97 méthaniseurs principalement dédiés à l'usage agricole (79) et qui pourraient accueillir sous conditions (pasteurisation, hygiénisation) des biodéchets.

Sur la base de ces constats et en cohérence avec le cadre réglementaire national, le PRPGD de Bretagne fixe des objectifs mise à disposition de moyens de tri à la source (collecte séparée et/ou compostage individuel ou partagé pour tous les Bretons et une réduction de la fraction fermentescible dans les OMR à 20 % en 2025 puis à 15 % en 2030.

## Le territoire en quelques mots

Lorient Agglomération est une collectivité mixte à dominante urbaine. Elle dispose de la compétence pour la collecte et le traitement des déchets de 25 communes comprenant 208 533 habitants au 1<sup>er</sup> janvier 2020. Parmi ces 25 communes, 14 communes sont collectées en régie (soit 56 % de la population), 11 communes en prestation.

En matière de prévention, la collectivité a signé une Politique de prévention en 2007 et un PLP en 2019. En janvier 2022, elle est en cours d'élaboration de son PLPDMA pour une durée de 6 ans. A ce stade, 6 axes majeurs ont été envisagés dont la réduction de la production de déchets verts et le fait d'encourager la gestion de proximité des biodéchets. La collectivité est également engagée dans une démarche « zéro gaspillage zéro déchet », suite à une délibération du conseil communautaire en 2014. La démarche ZDZG s'articulait autour de 7 axes dont un axe visant le développement de nouvelles filières de traitement et de valorisation, et répondait aux 3 objectifs suivants (par rapport à 2010) : réduction des DMA de 10 % en 2018, **augmenter la valorisation matière (notamment organique) en orientant vers les filières de valorisation 55 % des déchets collectés en 2018 (en 2013 ce chiffre était de 53,6 %)**, réduire de 30 % les quantités enfouies en 2018. Concernant la valorisation matière, l'objectif a été dépassé puisque 60 % des déchets non dangereux était valorisé en 2018.

La mise en place de la collecte séparée des biodéchets date de 2002, faisant de Lorient Agglomération une des 10 premières collectivités françaises à réaliser ce type de collecte. Cette mise en place faisait suite à l'adoption du schéma de collecte et traitement des déchets. Depuis 2017, c'est 100 % de la population qui est desservie. Le choix du compostage (vis-à-vis de la méthanisation) a été fait en 2002. La raison de ce choix était principalement liée à un historique remontant aux années 1980, durant lesquelles un chantier pour la construction d'une unité de méthanisation avait été initié, mais suite au dépôt de bilan de la société en charge de la construction, le projet avait été abandonné. Ce passif ne représente plus un frein aujourd'hui et la collectivité s'intéresse de nouveau à la méthanisation pour l'avenir. Cette filière est actuellement étudiée, notamment par son apport en matière d'énergie, en relation avec les EPCI voisins.

En 2019, 8 027 tonnes de biodéchets ont été collectées de cette façon, soit un ratio 38 kg/hab./an. Ce tonnage a augmenté de 16 % par rapport à 2010 (6 936 t) et de 7 % par rapport à 2018 (7 531 t).

Les infrastructures de traitement des biodéchets présentes sur la collectivité sont : 2 plateformes de compostage (Groix et Plouay) et 1 unité de traitement biologique (ADAOZ à Caudan).

En matière de tarification, la collectivité est en TEOM pour les ménages et RS pour les commerciaux.



## Gestion des biodéchets

### Consignes de tri



Les déchets collectés par Lorient Agglomération concernent l'ensemble des déchets biodégradables à l'exception des déchets verts. En effet, la forte variabilité des volumes pour ce type de déchets entraînerait trop de dysfonctionnements sur la collecte. Pour les déchets verts, les usagers sont ainsi invités à se rendre en déchèterie ou à les gérer sur leurs parcelles.

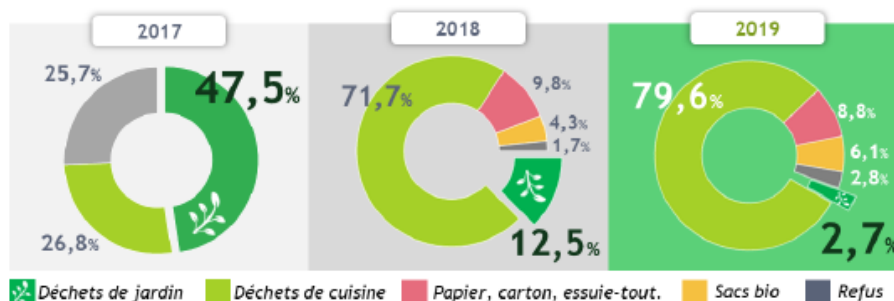
Les biodéchets sont collectés dans les bacs verts ou dans des sacs donnés en déchèterie ou en mairie. Pour les gros producteurs, des housses peuvent également être mises à disposition. Dans le détail les déchets acceptés sont les suivants :

- Epluchures et restes de repas (y compris restes de viande et os)
- Coquilles et crustacés
- Vaisselle compostables (en carton ou bois)
- Papiers et cartons souillés
- Boite de camembert en bois

### Déchets acceptés



Suite à l'interdiction de déposer les déchets verts dans le cadre de la collecte séparée des biodéchets, l'évolution de la composition des biodéchets a fortement évolué (voir figure ci-après). En 2019, les déchets de cuisine sont largement majoritaires. La part du refus a pratiquement doublé entre 2018 et 2019 passant de 1,7 % à 2,8 %.



## Collecte

La collecte est opérée en porte à porte dans un bac vert. Les usagers peuvent utiliser des sacs biodégradables (labélisés « OK Compost » disponibles gratuitement à la Maison de l'Agglo et en déchèterie) ou du papier journal pour conditionner leurs biodéchets.

En 2019, un bac de collecte équipé d'une cuve réductrice de 45 L a été distribué sur les 4 communes concernées par le changement des modalités de collecte (Port Louis, Rianteq, Locmiquélic et Hennebont). Ce bac permet un nettoyage plus simple de la cuve car elle est moins profonde, ce qui évite ainsi d'éventuelles nuisances olfactives. De plus, les agents de Lorient Agglomération peuvent également vérifier plus facilement le contenu du bac pour sensibiliser aux erreurs de tri et ainsi garantir la qualité du compost produit.



Sur les autres communes, l'ancien bac de 80 L est remplacé par un bac à cuve réductrice pour les nouvelles dotations (nouvelles habitations et remplacement de bacs cassés).

Des bioseaux pour stocker des biodéchets dans la cuisine sont mis à disposition gratuitement à l'accueil de la Maison de l'Agglo et sur 2 déchèteries.

La fréquence de collecte est hebdomadaire pour les ménages. La collecte est réalisée 2 fois par semaine pour certains professionnels (métiers de bouche : restaurants, restaurations collectives, cantines, ...).

Enfin, les biodéchets des industriels de l'agroalimentaire ne peuvent pas être collectés si l'entreprise compte plus de 10 salariés. Il s'agit d'une condition au maintien du label qualité du compost réalisé à partir des biodéchets collectés sur le territoire.

Les déchets végétaux déposés en déchèterie 2019 atteignent 20 080 tonnes soit un ratio de 96 kg/hab./an. Ces tonnages ont fortement évolué ces dernières années : 19 410 tonnes étaient déposées en déchèterie soit 93 kg/hab./an en 2018 (+3 % en 2019) et 15 084 t en 2018 (+33 % en 2019).

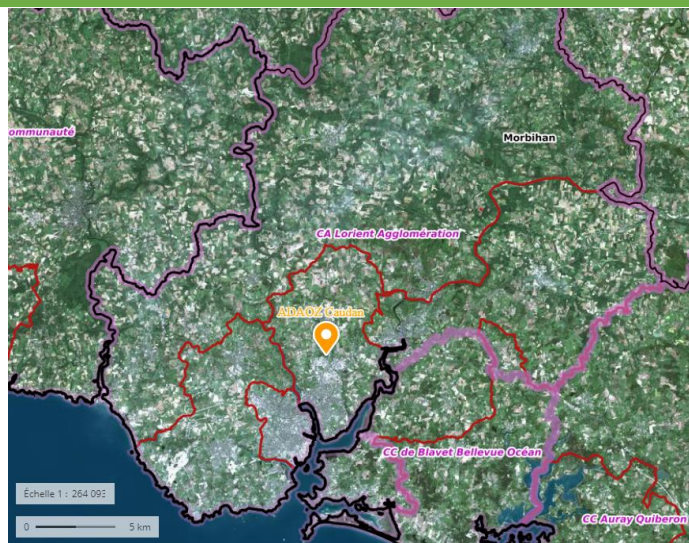
Lors d'événements particuliers (Festival Interceltique de Lorient ou course cycliste du Grand Prix de Plouay par exemple) le tri des biodéchets est mis en place. Des bacs de 120 à 240 L équipés de housses de protection compostables sont stockés et collectés selon un calendrier précis. Les fréquences sont adaptées avec le prestataire de collecte afin de répondre aux besoins de l'événement. La gestion de ce genre d'événement nécessite beaucoup de moyens et de temps au personnel de Lorient Agglomération, mais participe à la prévention / communication sur le tri des biodéchets.

## La filière de traitement actuelle

Les biodéchets collectés par Lorient Agglomération sont traités depuis 2005 par compostage sur l'unité de traitement biologique ADAOZ (Centre de recyclage et de valorisation des déchets ménagers) située sur le territoire de l'agglomération à Caudan. Ce site accueille également un centre de tri pour les emballages et un TMB pour les OMR.

L'unité est exploitée par GEVAL (filiale de Véolia Propreté).

Le positionnement de l'installation est central par rapport aux zones urbanisées dans lesquelles la collecte est opérée. Bien que l'unité soit située dans une zone industrielle, Lorient Agglomération est attentif aux potentielles nuisances olfactives, un lotissement étant localisé à 150 m du bâtiment de maturation et de stockage du compost.



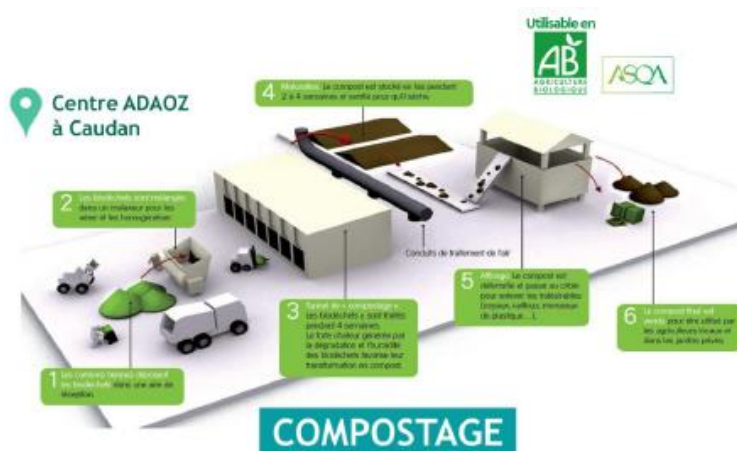
Les résidus non valorisés sont acheminés sur l'ISDND de Kermat à Inzinzac-Lochrist.

## Réception et prétraitement des déchets

L'usine de traitement biologique ADAOZ est dimensionnée pour recevoir 16 000 tonnes annuelles de biodéchets qui produiront à plein rendement 6 000 tonnes de compost.

En 2019, les 8 000 tonnes de biodéchets collectées ont été acheminées vers le site de Caudan.

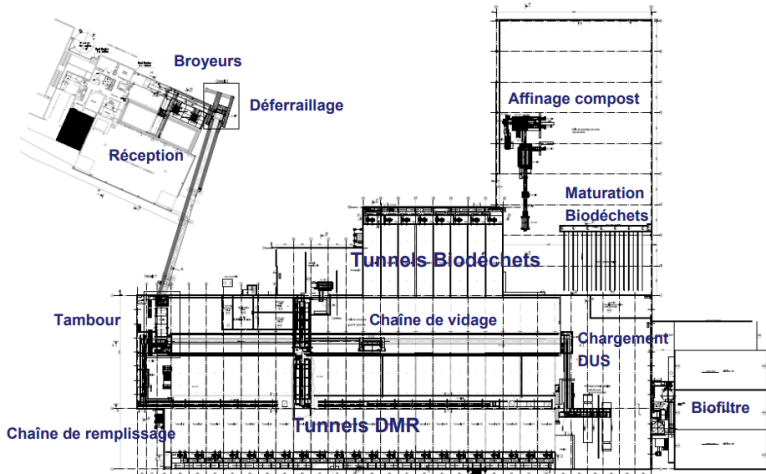
Les biodéchets du continent sont vidés sur une plateforme (zone de réception de 200 m<sup>2</sup>) de l'unité de traitement biologique multifilières de Caudan (ADAOZ). Les déchets sont ensuite criblés. Le refus de criblage s'élève à 1 210 tonnes en 2019. Il s'agit de mélanges de films plastiques et de gros structurants non dégradés. Ce refus est enfoui à l'ISDND de Kermat à Inzinzac-Lochrist.



Après un passage dans un biopréparateur avec ajout de 2 260 tonnes de structurants (végétaux broyés issus des déchèteries), les biodéchets rejoignent des tunnels de compostage.

## Compostage

### Unité de Traitement Biologique Vue en plan de l'implantation des équipements



Les biodéchets acheminés dans les 8 tunnels de compostage sont traités par fermentation sur une période de 4 semaines (temps de séjour moyen = 24 jours). Ces tunnels envoient de l'air et de l'humidité afin d'améliorer la décomposition de la matière.

Après cette fermentation, les biodéchets sont ensuite déposés en andains ventilés (aération forcée) sur une plateforme de maturation où ils restent deux semaines, avant de passer sur une chaîne d'affinage.

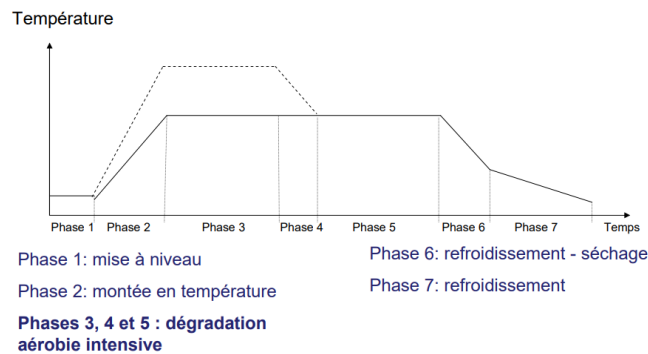
Au cours de ces 2 étapes, les

biodéchets passent par les phases de traitement suivantes :

- Phase 1 : Mise à niveau ;
- Phase 2 : Montée en température ;
- Phase 3, 4, 5 : dégradation aérobie intensive ;
- Phase 6 : refroidissement-séchage ;
- Phase 7 : refroidissement.

Au moment de la dégradation aérobie intensive, l'élévation de la température permet l'hygiénisation des déchets compostés.

Courbe de température lors des phases de stabilisation ou de compostage



A l'issue de ces étapes, le compost produit nécessite un affinage sur une chaîne comprenant :

- Un déferrailage (130 tonnes de ferreux extraits chaque année),
- Un criblage pour retirer les structurants,
- Un tri aéraulique puis densimétrique pour retirer les derniers indésirables.

Le refus de criblage s'élève à 1 210 tonnes en 2019, il s'agit de mélanges de films plastiques et de gros structurants non dégradés. Ce refus est enfoui à l'ISDND de Kermat à Inzinzac-Lochrist.

L'utilisation de sacs en plastique n'impacte pas le procédé de compostage. Le mélangeur (biopréparateur) et la phase de fermentation intensive en tunnel permettent de composter rapidement les sacs biodégradables mais aussi les housses mises à disposition des gros producteurs. Les contrôles qualité réalisés sur le compost n'indiquent pas ou très peu de résidus plastique. Aucune préconisation particulière n'est par conséquent faite par rapport à l'utilisation des sacs. En cas d'évolution vers une filière de méthanisation, les sacs biodégradables seraient néanmoins à éviter (au profit de sacs en kraft). L'ensemble du complexe est dépressurisé et toutes les émanations sont captées dans les circuits de ventilation/aération. Elles sont ensuite désodorisées par un passage successif dans deux tours de lavage et dans un bio-filtre. Le site est également équipé de portes automatiques qui permettent de limiter le temps d'ouverture pour limiter l'émanation d'odeurs.

## Compost produit

En 2019, 2 673 tonnes de compost ont été produites.

Le compost obtenu est utilisable en agriculture biologique et a obtenu le label ASQA, gage de qualité, en 2015. Il répond aux certifications suivantes :

- Conforme à la norme NFU 44051
- Prolongation de la certification Eco Label Européen en octobre 2014
- Prolongation de la certification « Amendement utilisable en Agriculture Biologique » du compost en juin 2015, avec 100% des lots de compost qui sont « utilisable en AB »

**L'agriculture est le principal débouché.** Les agriculteurs locaux sont privilégiés (20 km autour de Caudan). La rémunération de cette vente est néanmoins assez faible compte tenu de la concurrence que représente la vente d'autres excédents agricoles. Les prix appliqués sont de 3 à 5 euros par tonne de compost.

La distribution gratuite, en vrac, lors de manifestations publiques est également fortement appréciée des habitants. Plus de 100 tonnes par an sont ainsi valorisées par Lorient Agglomération.

La promotion de la filière et sa valorisation passe par la diversification des débouchés, c'est pourquoi depuis le 1<sup>er</sup> octobre 2019, une partie du compost produit est également ensachée et vendue à la boutique du comptoir du réemploi. La mise en sac semble susciter l'intérêt des utilisateurs car ce mode de conditionnement du produit présente des avantages en matière de confort d'utilisation, de transport et de stockage. En outre, l'ensachage et son packaging est un bon vecteur de communication et de prévention, participant à renforcer et améliorer la qualité du tri. 250 sacs, soit 3,5 tonnes ont ainsi été vendues.



## Focus sur le traitement des biodéchets insulaires

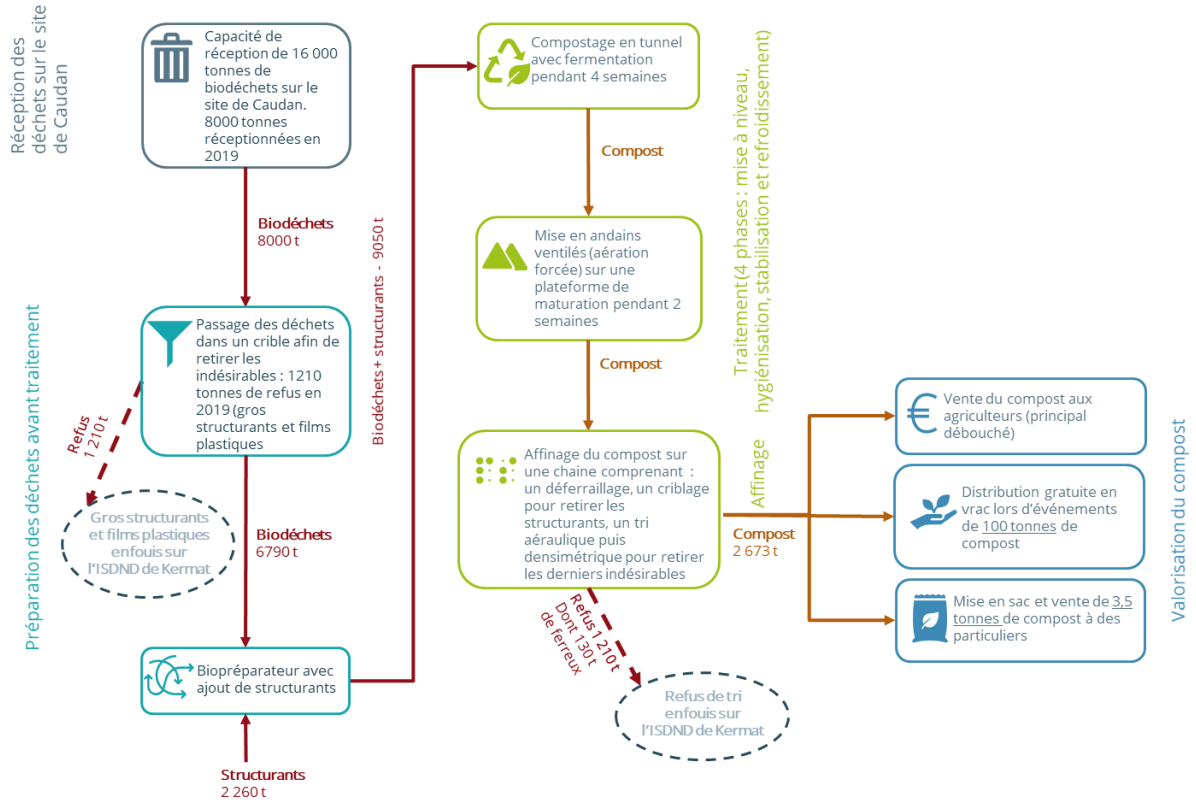
Sur l'île de Groix, les biodéchets sont également traités par compostage. Les déchets collectés sur l'île de Groix ont été, dans un premier temps, transportés par bateau sur le continent. Dès 2004, une plateforme de compostage de 3 400 m<sup>2</sup> a permis de gérer les déchets organiques sur l'île.

La plateforme traite chaque année 700 tonnes de déchets verts et 90 tonnes de biodéchets (données 2009).

Après une phase de fermentation en andain, les biodéchets et leur structurant sont mélangés, et remis en andains. Les andains sont retournés trois fois, afin que le processus de décomposition soit homogène. Le compost obtenu est ensuite tamisé.

## Schéma synthétique du traitement

### Schéma traitement - Lorient



## Données économiques

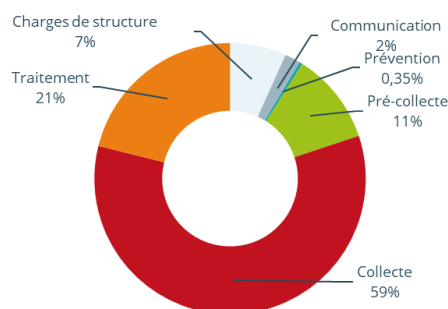
La gestion de l'unité de Traitement Biologique de Caudan a été confiée à GEVAL via la signature d'un marché public pour une durée de 6 ans (échéance au 31/12/2024) et pour un montant annuel de marché s'élevant à 2,8 millions d'euros en 2019.

Les charges qui pèsent sur la gestion des biodéchets s'élèvent à 5,2 millions d'euros en 2019, tandis que les produits obtenus par la vente du compost et pour les subventions s'élèvent à 300 294 euros. La collecte des biodéchets est le poste de dépense le plus conséquent.

Le coût aidé pour la collecte séparée des biodéchets et leur traitement est ainsi de 23 euros HT par habitant ou 614,8 euros par tonne traitée. Ce coût tend à augmenter puisqu'il était de 18 euros par habitant en 2014, en lien avec :

- L'indice de variation des prix sur la collecte ;
- L'amortissement des nouveaux bacs à cuves réductrices ;
- Une augmentation des coûts pour la gestion en régie.

La collecte est le poste le plus impactant en termes de coûts (59%). Le traitement représente également une part importante (21 %). L'amélioration progressive du traitement permet d'amortir les coûts sur la durée.



Coût biodéchets (année 2019)			
	Euros	Euros/habitants	Euros/tonne
<b>Charges de structure</b>	351 896,00 €	1,69 €	43,80 €
<b>Communication</b>	97 871,00 €	0,47 €	12,20 €
<b>Prévention</b>	18 448,00 €	0,09 €	2,30 €
<b>Pré-collecte</b>	573 485,00 €	2,75 €	71,40 €
<b>Collecte</b>	3 087 085,00 €	14,80 €	384,60 €
<b>Traitement</b>	1 106 074,00 €	5,30 €	137,80 €
<b>Total charges</b>	<b>5 234 859,00 €</b>	<b>25,10 €</b>	<b>652,20 €</b>
<b>Produits industriels</b>	14 034,00 €	0,07 €	1,80 €
<b>Subventions</b>	286 260,00 €	1,37 €	35,70 €
<b>Total Produits</b>	<b>300 294,00 €</b>	<b>1,44 €</b>	<b>37,40 €</b>
<b>TVA</b>	<b>269 411,00 €</b>	<b>1,29 €</b>	<b>33,60 €</b>
<b>Coût aidé HT</b>	<b>4 934 565,00 €</b>	<b>23,06 €</b>	<b>614,80 €</b>
<b>Coût aidé TTC</b>	<b>5 203 976,00 €</b>	<b>24,96 €</b>	<b>648,30 €</b>

## Bilan global

### Points forts / Atouts

- Le process utilisé par Lorient Agglomération est relativement simple à mettre en œuvre et les coûts de traitement associés faibles.
- Le compost est valorisé dans un rayon de 25 km au maximum. Il permet ainsi un retour au sol local de la matière organique.
- Le compost produit présente une excellente qualité avec moins de 3 % d'indésirables. Sa certification Agriculture Biologique AB est un gage de bonne qualité du compost.
- La mise à disposition du compost aux usagers (vente en sacs et distribution gratuite) participe à la sensibilisation au tri.

### Points faibles / Verrous / Limites

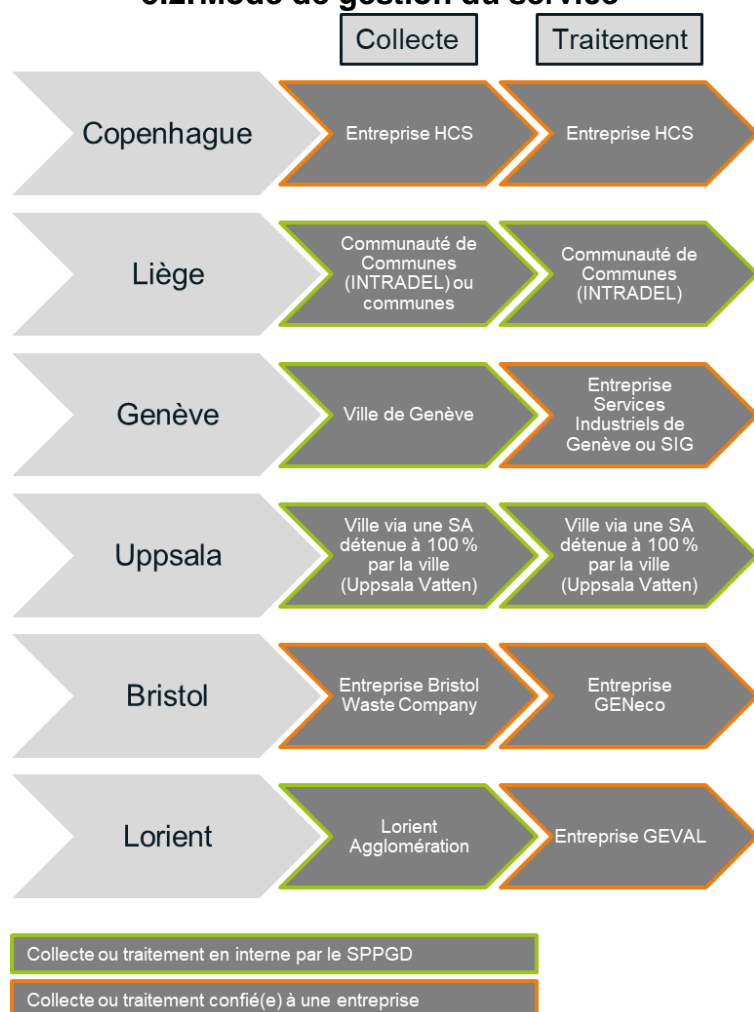
- Seul 1 habitant sur 2 trie actuellement ses déchets. De la même manière, l'usine de traitement biologique traite actuellement 8 000 tonnes de biodéchets alors qu'elle a été dimensionnée pour en traiter 16 000 tonnes. Il existe ainsi d'importantes marges de progression.
- Afin d'améliorer ces résultats, l'agglomération met à disposition de tous, depuis 2007, des sacs biodégradables pour protéger le bac de collecte. En effet, un des principaux freins du geste de tri est lié à l'obligation de nettoyer fréquemment le contenant. Grâce à cette innovation et à la campagne d'information qui lui était associée, la valorisation des biodéchets a progressé de plus de 7 % en 2007. Les ménages sont en outre progressivement équipés de bacs à cuve réductrice, ce qui devrait aussi permettre de répondre à cette problématique car ils sont plus faciles à nettoyer. Les actions de communication ont également été renforcées depuis 2016 afin de permettre la participation de plus de ménages.
- Les erreurs de tri sont encore très fréquentes, notamment en lien avec la présence de déchets végétaux (initialement autorisés mais interdits depuis 2017). Les nouveaux bacs à cuve réductrice et les actions de communication doivent également permettre de répondre à ces enjeux.

### Recommandations

Les recommandations émises visent principalement à augmenter les tonnages collectés :

- Maîtriser la sensibilisation et la communication (éviter la sous-traitance pour une maîtrise du discours et des messages à faire passer, ainsi que le temps passé par foyer), bien connaître le terrain.
- Impliquer les agents en charge de la sensibilisation, de la livraison des bacs, des ripeurs et chauffeurs.
- Favoriser le bioseau ajouré pour limiter les nuisances dans les cuisines et renforcer en parallèle l'utilisation des sacs biodégradables, notamment en habitat collectif (envoi direct aux foyers) ; continuer le déploiement de la cuve réductrice pour limiter la présence de déchets végétaux et faciliter l'entretien des bacs et ainsi augmenter le taux de participation et d'adhésion des usagers ;
- Accorder une attention particulière à l'habitat collectif dont les performances sont plus faibles (faible taux de participation et refus important). Une réflexion doit être menée sur le positionnement des bacs pour protéger le flux (bacs excentrés, enclos à part) et une coopération avec les gardiens est nécessaire pour communiquer auprès des nouveaux arrivants.
- Bien dimensionner les circuits pour une collecte de 2 flux simultanément.
- Communiquer davantage sur la qualité du compost.

## 5.2. Mode de gestion du service



La collecte et le traitement des biodéchets dans les 6 villes retenues peuvent être soit gérés en interne, soit confiés à un prestataire de services. Parmi les 6 villes 3 scénarios existent :

- 2 villes (Copenhague et Bristol) confient la collecte et le traitement à un prestataire extérieur. Pour Copenhague, c'est la même entreprise qui assure les deux services tandis que ce sont 2 entreprises différentes pour Bristol.
- Pour 2 autres villes (Liège et Uppsala), c'est la collectivité qui assure à la fois la collecte et le traitement des biodéchets.
- Enfin pour les 2 dernières villes (Genève et Lorient), la collectivité assure la collecte tandis que le traitement est confié à une entreprise privée.

Ainsi, pour une majorité des 6 REX enquêtés la collecte est assurée par la ville et le traitement confié à une entreprise privée spécialisée dans la valorisation des déchets.

**Figure 21 : Modalité de gestion des biodéchets parmi les 6 REX (RECORD, 2022)**

La ville de Copenhague considère que le fait d'avoir confié la collecte et le traitement à un même prestataire permet d'optimiser considérablement les coûts.

De son côté, Liège affirme que la maîtrise de la collecte et du traitement lui permet d'imposer des consignes de tri cohérentes avec les besoins du traitement.

A l'inverse, le fait d'avoir une collecte et un traitement gérés par deux entités différentes peut entraîner des problématiques de qualité des déchets à traiter, les objectifs de chacun n'étant pas forcément en adéquation. Par ailleurs, dans le cas où le traitement n'est pas géré en interne, la collectivité ne dispose que de peu d'informations sur le process, la qualité des co-produits et les débouchés. C'est le cas pour Genève, mais aussi pour la ville de Stuttgart.

## 5.3. Les déchets acceptés

Concernant les **consignes de tri des déchets collectés auprès des usagers des collectivités**, les différents déchets acceptés sont synthétisés dans le tableau ci-après.

De façon générale, les consignes de tri sont assez semblables d'une ville à l'autre avec les déchets suivants qui sont systématiquement acceptés : restes alimentaires de préparation et de repas (fruits et légumes, épluchures, féculents, sauces, etc.), y compris déchets carnés (viande et poisson), coques et coquilles (noix, œufs, moules, etc.), thé, cafés, filtres.

Les essuie-tout et leurs rouleaux sont également souvent acceptés mais pas systématiquement (cas de Genève et Bristol). Les villes de Liège et de Lorient acceptent en outre les contenants et la vaisselle compostable. Ceci permet un apport carboné.

Concernant les déchets verts, ils ne sont acceptés qu'en petites quantités et seulement pour des déchets de petite taille (fleurs fanées, gazon, petits déchets de jardin). Les villes de Bristol et Lorient les excluent totalement de la collecte des biodéchets (en favorisant les apports en déchèterie et/ou la

gestion de proximité). Pour certaines villes dont le procédé de traitement inclut des déchets verts (Genève, Liège, Lorient par exemple), les déchets verts injectés dans le processus de traitement sont collectés séparément indépendamment des déchets alimentaires, via les déchèteries par exemple. A Lorient, jusqu'en 2018 les déchets verts et les déchets de cuisine étaient collectés ensemble, mais cela compliquait la collecte avec des quantités collectées fortement variables selon les saisons.

Enfin, seule Liège accepte la litière animale si elle est biodégradable. Aucune problématique particulière n'a été rapportée en lien avec ce type de déchets.

**Tableau 18 : Consignes de tri appliquées dans les 6 REX enquêtés.**

	Restes alimentaires	Viande et poisson	Coques et coquilles (noix, œufs, moules, etc.)	Thé, cafés, filtres	Essuie-tout et rouleau	Fleurs coupées ou petits déchets de jardin	Contenants et vaisselles compostables	Litière biodégradable
<b>Copenhague</b>	X	X	X	X	X	X		
<b>Liège</b>	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Genève</b>	X	X	X	X		X		
<b>Uppsala</b>	X	X	X	X	X	X		
<b>Bristol</b>	X	X	X	X				
<b>Lorient</b>	X	X	X	X	X		X	

Les couches pour enfants étaient initialement acceptées à Liège car à l'origine riches en matière cellulosique. Depuis, la composition de ces déchets a évolué pour tendre vers davantage de composés chimiques non biodégradables. Déjà retirés des consignes de tri pour un tiers des communes de l'intercommunale depuis janvier 2019, ces déchets devraient prochainement être totalement interdits en 2022. Ce déchet représente plus de 20 % des déchets organiques collectés. Pour information, un programme de recherche soutenu par l'ADEME, est en cours en France visant à composter des couches<sup>4</sup> : après une phase non concluante de compostage de couches standards, le consortium étudie la compostabilité en conditions réelles de prototypes de couches éco-conçues.

Concernant les **sacs** contenant les déchets, une majorité de villes demande aux usagers d'utiliser des **sacs « biodégradables »** (Copenhague, Genève et Lorient) :

- A **Copenhague**, les seuls sacs autorisés sont les **sacs en fécule de maïs** remis par la ville. Pour ces sacs biosourcés, la biodégradabilité n'est pas précisée. La ville n'autorise par ailleurs aucun déchet en « vrac » à l'exception : des fleurs coupées et petits végétaux) ;
- A **Genève**, les sacs à utiliser pour le tri sont des sacs compostables normés : **logo « OK Compost »** (label « Industrial » ou « Home »), **logo « compostable »** (label seedling) ou **certification « EN 13432 »**. Cela atteste que leur composition leur confère des propriétés leur permettant d'être digérés par des micro-organismes et de ne pas laisser de résidus de plastique dans le compost. L'utilisation de sacs "oxo" dégradables est proscrite, car il ne s'agit pas de sacs compostables mais de sacs qui se fragmentent en toutes petites particules. De même, les sacs en plastique sont interdits. Si le collecteur voit des sacs en plastique dans le conteneur à déchets organiques, tout le contenu de la benne sera incinéré. Genève s'intéresse également à la teneur en titane de ses sacs et des évolutions de la réglementation sont à prévoir sur ce point précis.
- A **Lorient**, les usagers peuvent utiliser des sacs compostables (**labélisés « OK Compost »** disponibles gratuitement à la Maison de l'Agglo et en déchèterie) ou du **papier journal** pour conditionner leurs biodéchets. L'utilisation de ces sacs en plastique n'impacte pas le procédé de compostage. Le mélangeur (biopréparateur) et la phase de fermentation intensive en tunnel

<sup>4</sup> <https://alchimistes.co/les-couches-fertiles-compostables/>

permettent de composter rapidement les sacs mais aussi les housses mises à disposition des gros producteurs. Les contrôles qualité réalisés sur le compost n'indiquent pas ou très peu de résidus plastiques. Aucune préconisation particulière n'est par conséquent faite par rapport à l'utilisation des sacs. En revanche, Lorient précise que cela s'explique bien par le procédé de traitement choisi et qu'en cas d'évolution vers une filière de méthanisation, les sacs biodégradables seraient néanmoins à éviter (au profit de sacs en kraft).

Les villes de **Liège** et de **Bristol** ont fait le choix d'accepter **tous types de sacs** pour la collecte des biodéchets, y compris des sacs plastiques non compostables. Ils préfèrent en effet faciliter le geste de tri, et ainsi augmenter les quantités collectées, en s'appuyant sur des étapes de tri des sacs dans leurs procédés :

- A **Liège**, bien que tous les sacs soient acceptés, **les sacs compostables sont à privilégier (selon le label « OK Compost Home »)**. L'utilisation privilégiée des sacs compostables évite le passage de particules plastiques au travers du crible qui se retrouvent in fine dans les digestats. Ainsi le conditionnement en « vrac », sacs plastiques ou tout autre contenant est également accepté. Ce choix n'est néanmoins pas pleinement satisfaisant puisqu'actuellement 31 % d'indésirables sont constitués d'emballages plastiques (contre 20 % initialement dimensionnés).
- A **Bristol**, les usagers sont autorisés à protéger leurs contenants avec du **papier journal, des sacs compostables ou non ou des emballages issus du réemploi (doublure de boîte de céréales vide, sacs à pain, sac de transport en plastique)**. En revanche, tout autre emballage (plus épais, tels que des barquettes même compostables) n'est pas autorisé. L'utilisation de sacs plastiques a même été privilégiée pour augmenter les quantités de déchets alimentaires collectés en facilitant le geste de tri. De même qu'à Liège, ce choix n'est pas satisfaisant pour GENeco qui reconnaît qu'une des principales difficultés rencontrées dans ces étapes de réception et de pré-traitement est la présence de nombreux contaminants (sacs plastiques, emballages, piles, etc) qui peuvent se retrouver dans les digestats. Pour limiter la présence dans les digestats à une teneur acceptable, un criblage est amont du process est réalisé, avec un taux de refus important (1 800 tonnes sur les 55 000 réceptionnées soit 3,2 %), générant des coûts de traitement importants (malgré la possibilité de les incinérer et la proximité du site d'incinération).

A l'inverse, à **Uppsala** depuis 2020, les usagers doivent **obligatoirement** mettre leurs biodéchets dans des **sacs en papier** distribués par Uppsala Vatten (et à l'avenir aussi par les magasins). Les sacs en plastique de toute sorte ont été interdits pour éviter de perturber le processus de digestion des biodéchets et la présence de plastique dans le digestat. L'utilisation des sacs en papier fournis sera par ailleurs une condition pour que le digestat produit lors du traitement par méthanisation puisse conserver sa certification à partir de 2023.

De façon générale, on peut retenir que les collectivités privilégient les sacs en plastique (compostables principalement) pour faciliter le geste de tri, mais que l'utilisation de ces sacs n'est pas toujours satisfaisante pour la production d'un digestat de qualité et peut par ailleurs entraîner des perturbations de process (bourrage des équipements de pré-traitement). Lorient qui est la seule ville à proposer une solution de compostage estime que si elle faisait de la méthanisation, elle s'orienterait vers l'utilisation de sacs en kraft, tandis qu'Uppsala a justement choisi de garantir la qualité de son digestat en rendant obligatoire les sacs en papier.

Dans tous les cas des refus sont observés dans les étapes de pré-traitement des déchets.

Concernant les **déchets acceptés sur les unités de traitement**, là encore, on observe différents cas de figure. Parmi les 6 installations de traitement, 4 sont des installations dédiées, qui ne reçoivent que les biodéchets des ménages de la collectivité (Copenhague, Liège, Genève, Lorient). A Uppsala, les déchets alimentaires d'autres communes, mais aussi des déchets d'abattoirs et des déchets d'autres producteurs (industries pharmaceutiques, commerces, industries agro-alimentaires) sont également réceptionnés. A sa construction en 1996, l'installation, qui reçoit aujourd'hui ces différents flux, était destinée à la gestion du fumier et de déchets d'abattoirs.

En termes quantitatifs, les installations de Copenhague et de Lorient sont surdimensionnées par rapport aux quantités reçues, mais ne semblent pas rechercher d'autres flux.

A Genève et à Lorient, des déchets verts broyés sont également intégrés au processus de traitement : à Genève, les déchets verts broyés sont mélangés avec le digestat au moment du compostage de celui-ci. A Lorient c'est le procédé de compostage en lui-même qui oblige l'ajout de structurant.

A Copenhague et à Uppsala, le procédé de méthanisation choisi implique une étape de broyage et d'ajout d'eau pour obtenir une bio-pulpe, aisément pompable avant méthanisation.

Ces informations sont synthétisées dans le tableau ci-après.

Ainsi, Pour 2 villes (Uppsala et Bristol), des déchets de professionnels sont acceptés : déchets d'abattoirs et d'autres producteurs de biodéchets pour Uppsala (industries pharmaceutiques, commerces, industries agro-alimentaires), déchets issus de contrats commerciaux de GENeco pour Bristol.

**Tableau 19 : Déchets réceptionnés sur les unités de traitement.**

	<b>Biodéchets collectés</b>	<b>Autres déchets ou intrants nécessaires réceptionnés et introduits dans le process</b>
Copenhague	16 000 tonnes de Copenhague (mais objectif d'en recevoir beaucoup plus)	Ajout d'eau dans le procédé
Liège	32 000 tonnes de déchets organiques collectés auprès des ménages (composés de 10 % de déchets verts tolérés, 20 % de couches culottes encore acceptées et de 31 % d'indésirables constitués principalement d'emballages plastiques)	
Genève	10 000 tonnes de déchets humides (déchets de cuisine et gazon) collectés auprès des ménages	13 000 t de déchets verts secs préalablement broyés pour le compostage des digestats
Uppsala	30 000 tonnes de déchets alimentaires de la commune et des communes environnantes	20 000 tonnes de déchets d'abattoirs et d'autres producteurs de biodéchets (industries pharmaceutiques, commerces, industries agro-alimentaires) Ajout d'eau dans le procédé
Bristol	30 à 35 000 tonnes collectées par Bristol Waste	20 à 25 000 tonnes issues de contrats commerciaux de GENeco
Lorient	8 000 tonnes collectées par Lorient Agglomération (pour une capacité de 16 000 tonnes)	Ajout de 2 260 tonnes de structurants (végétaux broyés issus des déchèteries)

#### 5.4. Le mode de valorisation

Parmi les 6 REX enquêtés, 1 seul concerne du compostage (Lorient), les autres concernent la méthanisation.

**A Lorient le choix du compostage** (vis-à-vis de la méthanisation) a été fait en 2002. La raison de ce choix était principalement liée à un historique remontant aux années 1980, durant lesquelles un chantier pour la construction d'une unité de méthanisation avait été initié, mais suite au dépôt de bilan de la société en charge de la construction, le projet avait été abandonné. Ce passif ne représente plus un frein aujourd'hui et la collectivité s'intéresse de nouveau à la méthanisation pour l'avenir.

Dans les autres villes, le **choix de la méthanisation** suit différentes logiques :

- Au Danemark, l'importance de l'activité agricole et la politique énergétique du pays ont entraîné une montée en puissance de la filière de la méthanisation ;
- A Uppsala, l'unité de méthanisation existe depuis 1996 mais n'était utilisée que pour la digestion du fumier et de déchets d'abattoirs. En 2006, lorsque la collecte séparée des déchets alimentaires a été instaurée, l'unité a été adaptée pour accueillir ces déchets. Par ailleurs en Suède, le procédé de méthanisation est privilégié car il permet à la fois de produire un biofertilisant qui se substitue aux fertilisants chimiques (réduction des importations de phosphore) et de produire du biogaz valorisé sous forme de chaleur, d'électricité et de biocarburant ;
- A Bristol, le choix de la méthanisation a fait suite à un appel d'offre que GENeco a remporté en raison de la proximité de son installation et du prix pratiqué.

#### 5.5. Le procédé de traitement

Lorient est la seule ville qui réalise le **compostage** des déchets alimentaires. Son procédé de traitement comprend :

- Des étapes de pré-traitement : criblage des déchets et passage dans un biopréparateur avec ajout de structurant ;
- Des étapes de traitement : compostage en tunnel avec fermentation pendant 4 semaines, puis mise en andains ventilés (aération forcée) sur une plateforme de maturation pendant 2 semaines.

Les 5 autres villes utilisent un procédé de **méthanisation**.

Les **étapes de pré-traitement** réalisées dépendent des déchets réceptionnés et du process :

- Généralement, une étape de tri ou de criblage est réalisée. Elle peut être associée à un déferrailage et au déconditionnement pour extraire les sacs. Pour les villes de Liège et Bristol qui autorisent les sacs plastiques non biodégradables, cette étape est particulièrement nécessaire. A Uppsala, l'unité disposait initialement d'une ouvreuse de sac, mais cette étape a été supprimée depuis que les usagers sont obligés d'utiliser des sacs en papier. A Genève le tri est aéraulique et survient après une étape de broyage.
- L'**hygiénisation** fait également partie des étapes de pré-traitement à Copenhague, Uppsala et Bristol. Conformément aux obligations réglementaires, elle se fait à 70°C pendant 1h. A Liège et Genève, il n'y a pas d'étape d'hygiénisation du fait du compostage du digestat produit en sortie de méthanisation.
- Enfin, pour les villes de Copenhague et Uppsala qui méthanisent en voie humide des étapes de pré-traitement supplémentaires sont nécessaires : broyage et dilution à l'eau.

Une étape de **transport** de la pulpe est nécessaire à **Copenhague**, dans la mesure où le site de méthanisation et le site de pré-traitement sont éloignés.

Ensuite différents procédés sont appliqués :

- Copenhague : après une étape d'hygiénisation à l'arrivée sur le site de traitement, la méthanisation se fait en **voie humide mésophile** dans un seul réacteur pendant **20 j** ;  
A noter que cette étape d'hygiénisation sur le site de traitement n'est pas une obligation réglementaire (puisque une hygiénisation est déjà réalisée en amont sur le site de prétraitement), mais permet de rassurer par rapport à la phase de transport entre le site de prétraitement et de méthanisation ;
- Liège : procédé en **voie sèche thermophile** (2 digesteurs de 1 800 m<sup>3</sup>) ;
- Genève : méthanisation en **piston horizontal dans un cylindre vertical de 1 300 m<sup>3</sup> opéré en conditions thermophiles pendant 24 jours** ;
- Uppsala : Méthanisation en **voie humide continue** dans 2 digesteurs de 2 300 m<sup>3</sup> chacun (**conditions thermophiles à 52 °C pendant 30 jours**) ;
- Bristol : Après une étape acide (acidogénèse et hydrolyse) digestion anaérobie **mésophile pendant 21 jours**.

Ces procédés apparaissent satisfaisants dans la majorité des cas, excepté à Genève : le digesteur prévoit une injection de biogaz à la base du réacteur en tant que système d'agitation. A plusieurs reprises, des sables et des sédiments qui s'accumulent au fond du digesteur ont rendu inefficace le système d'agitation de sorte que le digesteur a subi plusieurs arrêts sur des périodes de temps consécutives.

L'utilisation de la voie sèche ou humide impacte la siccité des digestats notamment, mais quelle que soit la siccité des digestats obtenus, les digestats sont valorisables et des filières locales adaptées sont mises en place.

La question du stockage (soit des déchets, soit des produits) n'a pas été évoquée de façon systématique dans les enquêtes, mais plusieurs problématiques liées au stockage ont été évoquée au cours des entretiens :

- A Liège, la capacité de stockage est faible en raison d'un problème de disponibilité du foncier (priorité a été donnée au fait de s'installer à côté de l'unité de valorisation énergétique d'Uvélia). Ainsi, l'unité dispose de 2 à 3 jours de stockage des déchets bruts et 3 jours maximum dans les digesteurs en ajustant la hauteur de matière en cours de dégradation 1 m plus haut que la hauteur utile. Au total, la durée de stockage maximum est donc de 6 jours, ce qui est court en cas de disfonctionnement ou de maintenance, au regard des délais de réception de pièces ou d'intervention. Si la maintenance nécessite un arrêt plus long, le digestat brut qui sort des digesteurs est alors exporté directement par tonne à lisier. Cette solution est problématique financièrement (matière plus liquide donc plus d'aller-retour pour le transport et intervention en urgence), mais aussi techniquement complexe car du digestat à 22 % est difficilement pompable ;
- A Uppsala, la filière technique actuelle n'a a priori plus de capacité de stockage (indiqué dans un descriptif de 2014). Les déchets peuvent par conséquent être amenés à rester stockés dans les camions de collecte le temps de pouvoir être incorporés au système ;
- Les conditions de stockage des différents produits représentent un enjeu majeur car elles peuvent impliquer des risques (explosion notamment). Par exemple, à Bristol, une explosion a

eu lieu au niveau du stockage des digestats bruts solides (les circonstances de l'explosion sont encore en cours d'investigation).

## 5.6. La valorisation des co-produits (compost et digestat)

Le bilan matière pour chacun des 6 REX est présenté dans le Tableau 20 en page suivante. Celui-ci met en évidence 3 scénarios possibles :

- Méthanisation en voie humide et production d'un digestat liquide vendu aux exploitants agricoles pour épandage (Copenhague et Uppsala). Ce procédé nécessite une étape d'hygiénisation préalable :
  - A **Copenhague** pour **13 600 tonnes de déchets entrants** dans le procédé (et ajout d'eau), ce sont **25 à 28 000 tonnes de digestat liquide** à 5-8 % de matière sèche qui sont produites ;
  - A **Uppsala** pour **50 000 tonnes de déchets entrants** sur le site (et ajout d'eau), ce sont **60 000 tonnes de digestat liquide** sèche qui sont produites ;
- Méthanisation et production d'un digestat solide ou pâteux, qui est composté et criblé avant d'être vendu (Liège et Genève). On retrouve également dans ce second scénario le compostage direct des déchets alimentaires (sans étape de méthanisation) à Lorient. Aucune hygiénisation n'est nécessaire dans ce cas, le compostage permettant d'éliminer les pathogènes :
  - A **Liège** pour **26 000 tonnes de déchets entrant** dans le procédé, ce sont **5 à 6 000 tonnes de digestat composté** qui sont produites et 2 à 3 000 tonnes de refus (criblage à 6 mm du compost) qui doivent être éliminées ; s'agissant d'une méthanisation par voie humide, le digestat issu du méthaniseur est relativement humide (siccité de seulement 22 %) ; il doit donc être séché avant compostage ;
  - A **Genève**, avec une méthanisation par voie sèche, **23 000 tonnes de déchets entrent** sur le site, les 2/3 du compost produit sont valorisables et le tiers restant (après criblage à 80 mm) est éliminé ;
  - A **Lorient**, pour **6 790 tonnes de déchets entrant** dans le procédé (et 2 260 tonnes de structurant), ce sont **2 700 tonnes environ de compost** qui sont valorisables et 1 200 tonnes environ de refus de compostage qui doivent être éliminées ;
- **Bristol** emploie un procédé différent puisque le digestat solide produit après méthanisation en voie sèche est directement vendu aux exploitants agricoles sans compostage préalable. Les déchets alimentaires sont en revanche hygiénisés avant leur méthanisation.

Dans tous les cas, la principale voie de valorisation est la vente du compost ou du digestat aux agriculteurs. A Liège, le prix de vente est très variable (entre 3 et 18 euros par tonne) tandis qu'à Lorient il oscille entre 3 et 5 euros par tonne.

A Genève et à Lorient, on recense également des actions de distribution gratuite ou de vente de fertilisants auprès de la population. Les volumes sont faibles, mais ce type d'action permet de communiquer de façon efficace auprès de la population, en particulier pour mettre l'accent sur l'importance du respect des consignes de tri et donner un sens au geste de tri des usagers.

Les produits de deux sites sont certifiés : c'est le cas du digestat liquide produit à Uppsala (biofertilisant utilisable en agriculture biologique) et du compost de Lorient (labellisé ASQA et UAB). Ces certifications assurent un meilleur débouché pour les produits.

**Tableau 20 : Bilan matière pour la production du digestat ou du compost.**

	Déchets réceptionnés sur site	Matière entrante dans le procédé (après tri)	Etape(s) intermédiaire(s) (produit intermédiaire)			Matière sortante (produit final)	Finalité
<b>Copenhague</b>	16 000 tonnes de déchets alimentaires à 30-35 % de MS <b>15-20% de refus</b>	13 600 tonnes de déchets alimentaires +Eau (14 000 tonnes)	Pulpe à 17 % de MS après dilution	Hygiénisation de la pulpe juste après le mélange	Hygiénisation après transport de la bio-pulpe et avant méthanisation	25 à 28 000 tonnes de digestat liquide à 5-8 % de matière sèche	Vente du digestat liquide auprès d'exploitants agricoles
<b>Liège</b>	32 000 tonnes de déchets alimentaires <b>31% de refus (20% prévus)</b>	26 000 tonnes de déchets alimentaires, après criblage	Séchage du digestat et obtention de 7 à 8 000 tonnes de digestat séché (80-85 % de siccité)		Compostage du digestat séché (hygiénisation)	Après criblage : - 5 à 6000 tonnes de compost fraction 0-6 mm - 2 à 3000 tonnes de compost fraction 6-60 mm <b>31 % de refus</b>	Vente de la fraction 0-6 mm aux exploitants agricoles Fractions supérieures à 6 mm envoyées en incinération
<b>Genève</b>	23 000 tonnes de biodéchets dont 10 000 tonnes de déchets humides (déchets de cuisine et gazon) <b>Taux de refus inconnu</b>		Obtention d'un digestat à partir de la méthanisation des déchets humides	Broyage des déchets verts secs	Mélange et compostage des déchets verts secs broyés et du digestat issu de la méthanisation (hygiénisation)	Après criblage : - 2/3 de compost fraction < 80 mm - 1/3 de compost fraction > 80 mm <b>33 % refus</b>	- Distribution à la population et vente aux exploitants agricoles de la fraction <80 mm - Fractions supérieures à 80 mm envoyées en incinération
<b>Uppsala</b>	50 000 tonnes de biodéchets (30 000 tonnes de déchets alimentaires des ménages et 20 000 tonnes de déchets d'abattoirs et d'industriels) + Eau <b>Taux de refus inconnu</b>		Obtention d'une pulpe à 15 % de MS après dilution	Hygiénisation de la pulpe juste après le mélange		60 000 tonnes de digestat liquide	Transport vers des exploitations agricoles et stockage sur place en attendant les périodes d'épandage Biofertilisant certifié pour l'utilisation en AB
<b>Bristol</b>	55 000 tonnes de déchets alimentaires (30 à 35 000 tonnes de déchets alimentaires des ménages et le reste de gros producteurs) <b>3% de plastiques dans les intrants</b>	Environ 53 000 tonnes de déchets alimentaires, après déconditionnement et retrait des refus	Hygiénisation des déchets alimentaires avant méthanisation			5 000 tonnes de digestat solide stocké en cuve	Vente du digestat « biofertilizers » auprès d'exploitants agricoles
<b>Lorient</b>	8000 tonnes de biodéchets <b>15% de refus</b>	6 790 tonnes de biodéchets (après criblage) + 2 260 tonnes de structurants	-			Après affinage : - 2 673 tonnes de compost affiné valorisable - Refus de 1 210 tonnes dont 130 tonnes de ferreux envoyés en ISDND <b>31% de refus</b>	- Vente du compost aux agriculteurs - Distribution gratuite en vrac lors d'événements de 100 tonnes de compost - Mise en sac et vente de 3,5 tonnes de compost à des particuliers - Compost vendu 3 à 5 euros par tonne - Compost labellisé ASQA et utilisable en AB

## 5.7. La valorisation du biogaz

Le bilan de la **production de biogaz** pour chacun des 5 REX traitant les déchets par méthanisation est présenté dans le Tableau 21. La production varie entre 61 et 125 Nm<sup>3</sup> de biogaz par tonne de déchets traitée. A Bristol, il existe 2 lignes de traitement : une pour les déchets alimentaires et la seconde pour les boues d'épuration, la quantité de biogaz produite n'est connue qu'à un niveau global pour les deux lignes, elle est de 61 Nm<sup>3</sup> par tonne de déchets traitée (boues inclus).

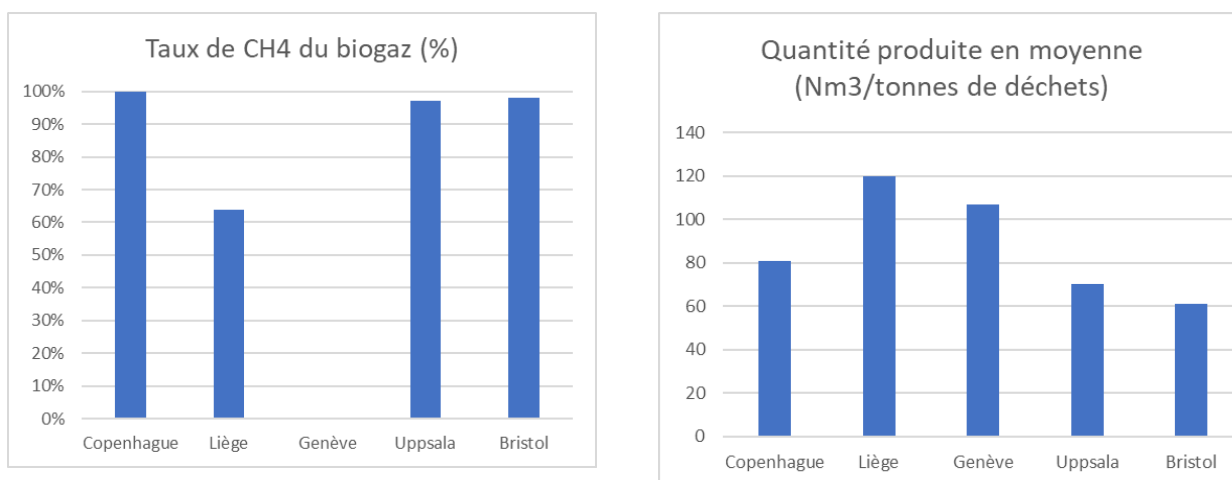


Figure 22. Quantité de biogaz produit et taux de méthane.

A Liège, le pouvoir méthanogène du biogaz produit est assez faible, en lien avec la teneur en azote des intrants, d'après l'exploitant. Intradel réfléchit à améliorer la qualité des biodéchets et recherche des intrants complémentaires (en quantités limitées) pour améliorer ce point.

Tableau 21 : Bilan du biogaz produit pour les 5 REX enquêtés procédant par méthanisation.

	Déchets réceptionnés	Intrants process (après tri)	Etape intermédiaire	Biogaz produit	Finalité
<b>Copenhague</b>	16 000 tonnes de déchets alimentaires à 30-35 % de MS	13 600 tonnes entrantes de déchets alimentaires Eau (environ 14 000 tonnes)	Elimination des gaz indésirables (dioxyde de carbone)	Biogaz (100 % CH <sub>4</sub> ) 78-84 Nm <sup>3</sup> par tonne de déchets	Stockage du biogaz dans des gazomètres puis : - <b>Injection dans le réseau</b> de distribution de gaz naturel - <b>Cogénération</b> d'électricité et de chaleur - Production de <b>biocarburant</b> pour l'alimentation de véhicules
<b>Liège</b>	32 000 tonnes de déchets alimentaires	26 000 tonnes de déchets alimentaires	Traitement du sulfure d'hydrogène par désulfuration biologique avec injection d'air et passage sur lit de charbon actif	Biogaz 115 à 125 Nm <sup>3</sup> de biogaz à 57-64 % de CH <sub>4</sub> par tonne de déchets	Stockage uniquement dans le ciel gazeux des digesteurs puis : - Valorisation via 2 moteurs de <b>cogénération</b> après désulfuration biologique - Ou valorisation par <b>chaudière bifuel</b> si les conditions ne sont pas réunies pour la cogénération - Brulage en torchère si non valorisable
<b>Genève</b>	10 000 tonnes de déchets humides (déchets de cuisine et gazon)		Non précisé	Biogaz 1 070 800 Nm <sup>3</sup> soit 107 Nm <sup>3</sup> par tonne de déchets	<b>Cogénération</b> d'électricité et de chaleur (puissance installée de 720 kWe) Production de 758 MWh

	Déchets réceptionnés	Intrants process (après tri)	Etape intermédiaire	Biogaz produit	Finalité
<b>Uppsala</b>	50 000 tonnes de biodéchets (30 000 tonnes de déchets alimentaires des ménages et 20 000 tonnes de déchets d'abattoirs et d'industriels) + Eau (quantité ?)		Elimination des gaz indésirables (dioxyde de carbone) par lavage à l'eau	3 500 000 Nm <sup>3</sup> de Biogaz (35 % CO <sub>2</sub> + 65 % CH <sub>4</sub> avant traitement et 97 % CH <sub>4</sub> après) soit 70 Nm <sup>3</sup> par tonne de déchets	- Distribution du biogaz à des stations-services via un réseau souterrain pour <b>l'alimentation de bus</b> de la ville et de la région pour la majeure partie du biogaz produit (prix du biogaz de ou 1,90 €/kg) - Autoconsommation au niveau de l'usine pour la génération de chaleur (53 000 Nm <sup>3</sup> ) - Brulage en torchère du biogaz n'ayant pas pu être valorisé
<b>Bristol</b>	55 000 tonnes de déchets alimentaires (30 à 35 000 tonnes de déchets alimentaires des ménages et le reste de gros producteurs)	Environ 53 000 tonnes de déchets alimentaires (le site traite également par ailleurs 600 000 tonnes de boues d'épuration)	Elimination des gaz indésirables (dioxyde de carbone et sulfure d'hydrogène) par biolaveur et enrichissement au propane	56 000 m <sup>3</sup> de biogaz (98 % CH <sub>4</sub> ) sont produits par jour sur l'ensemble des lignes de traitement soit environ 61 Nm <sup>3</sup> par tonne de déchets (alimentaires et boues d'épuration).	Stockage du biogaz dans des gazomètres puis : - <b>Injection dans le réseau</b> de distribution de gaz naturel (8 300 foyers) - <b>Cogénération</b> d'électricité et de chaleur - Production de <b>biocarburant</b> pour l'alimentation de véhicules

Selon les cas et les finalités de valorisation, les éléments indésirables **au sein du biogaz** sont traités : par lavage à l'eau pour le dioxyde de carbone et par désulfuration biologique pour le sulfure d'hydrogène. Le biogaz valorisé est généralement très pur (entre 97 % et 100 % de CH<sub>4</sub> pour les villes ayant mentionné cette information).

Les **modes de valorisation** du biogaz sont la plupart du temps diversifiés (Genève est la seule exception), ils sont présentés dans le Tableau 22 ci-après.

**Tableau 22 : Modes de valorisation du biogaz dans les 5 REX enquêtés en méthanisation.**

	Injection dans le réseau	Cogénération d'électricité et de chaleur	Biocarburant
<b>Copenhague</b>	X	X	X
<b>Liège</b>	à l'étude	X	à l'étude
<b>Genève</b>		X	
<b>Uppsala</b>		X	X
<b>Bristol</b>	X	X	X

La cogénération de chaleur et d'électricité est le mode de valorisation le plus répandu puisque les 5 villes le pratiquent, pour ces REX relativement anciens. L'utilisation en tant que carburant est également très répandue (3 villes ainsi que Liège qui étudie la question). L'injection dans le réseau de gaz naturel émerge et est déjà employée à Copenhague ou Bristol, elle est également à l'étude à Liège. Dans le cas de Liège, la production de biogaz n'est pas valorisée de manière optimale, puisqu'une partie est valorisée uniquement sous forme de chaleur voire torchée si la qualité du biogaz n'est pas conforme pour une cogénération.

Le **choix d'un mode de valorisation** plutôt qu'un autre est notamment lié aux mécanismes incitatifs existants :

- A Liège par exemple, avec l'évolution des mécanismes de soutien en termes de valorisation du biogaz (certificats verts pour la production d'électricité arrivant à échéance en 2033), Intradel est en train de reconsidérer la voie de valorisation du biogaz : les solutions d'injection réseau et de production de bioGNV sont à l'étude (avec construction d'une installation de ravitaillement), en remplacement de l'actuelle cogénération. En outre, les gestionnaires de réseau de gaz wallons souhaitent mieux gérer la variabilité des volumes transportés entre l'hiver et l'été et incitent à l'injection réseau ;
- A Uppsala, la proposition du gouvernement au printemps 2021 de ne plus classer les véhicules alimentés en biométhane comme des « véhicules verts » peut freiner leur développement à l'échelle nationale ;

- A Bristol, l'injection est la voie de valorisation la plus rentable pour les déchets alimentaires, compte tenu de tarifs de rachat très avantageux du biométhane injecté produit par méthanisation des déchets alimentaires (pour les boues, ces tarifs sont moins avantageux, ce qui conforte le choix de séparer ces deux flux). Pour l'injection de biogaz dans le réseau, l'installation d'Avonmouth est enregistrée dans un système de suivi du biométhane, ou « gaz vert », tout au long de la chaîne d'approvisionnement afin de fournir une garantie d'origine à ceux qui l'achètent.

Mais le mode de valorisation peut également répondre à un choix de communication ou à des raisons pratiques, par exemple :

- A Uppsala : la vente de biométhane pour le ravitaillement est jugée particulièrement pertinente au niveau local car la baisse de déchets alimentaires à traiter en été du fait du départ des étudiants de la ville s'accompagne d'une baisse des besoins en biocarburant pour les bus ;
- A Bristol : le ravitaillement des bus ou des camions de collecte n'est pas la voie la plus rentable mais l'enjeu est majeur pour impliquer les populations, donner du sens aux gestes de tri et aux efforts demandés à la population et illustrer de façon concrète l'économie circulaire. Valoriser une partie de la production de biogaz sous forme de carburant est ainsi un argument de communication et d'acceptabilité sociale majeur. L'impact environnemental limité par rapport à un carburant classique est par ailleurs mis en avant par GENeco.

Peu d'éléments économiques ont été mis en avant par les personnes enquêtées aussi les seules informations disponibles sur le prix du biogaz sont les suivantes :

- A Uppsala, le prix du biogaz est de 19,00 SEK/kg (TVA incluse) ou 1,90 €/kg ;
- A Bristol, GENeco gère directement la station de ravitaillement et malgré le paiement de la taxe sur les véhicules par GENeco, le tarif du biocarburant est plus avantageux que les carburants fossiles.

## 5.8. Autres valorisations

De façon plus anecdotique d'autres valorisations sont envisagées dans le cadre de la méthanisation des déchets alimentaires des 5 REX enquêtés. A Copenhague, un projet de recherche a été lancé pour extraire d'autres sous-produits utiles du biogaz et du digestat. Ces travaux de recherche de bioéconomie circulaire sont réalisés en collaboration avec l'université technique. Ils concernent la production d'acides lactiques, de protéines et d'autres composants chimiques à partir de la pulpe. A l'heure actuelle la synthèse de ces composés s'effectue en laboratoire mais pas à échelle industrielle.

## 5.9. Traitement des odeurs

La problématique liée aux odeurs des installations de méthanisation ou de compostage existe sur l'ensemble des sites. Dans l'ensemble des 6 REX enquêtés, l'implantation des sites est en effet relativement proche d'habitations (sites localisés entre 150 m et 1 km des premières habitations), ce qui peut être lié au caractère urbain des territoires étudiés. Il existe ainsi un véritable enjeu autour de la gestion des odeurs, puisque l'implantation de ces unités ne peut se faire trop loin des zones où la collecte des déchets est opérée.

Lorsqu'ils sont décrits, les équipements de traitement des odeurs sont les suivants :

- **Equipements préventifs** : confinement des halles de déchargement ou de compostage, mise en place de portes automatiques ;
- **Traitement des odeurs** : ventilation associée à un traitement des gaz avant rejet : lavages acides et alcalins, puis piégeage biologique des odeurs (biofiltres, biolaveurs) ;
- **Mesures de contrôle** : mise en place de nez électroniques en sortie, suivi des plaintes de riverains.

La gestion de la problématique « odeurs » pour les 6 REX enquêtés est présentée dans le Tableau 23.

**Tableau 23 : Gestion de la problématique « odeurs » dans les 6 REX enquêtés.**

	Localisation	Zone d'implantation	Problématique odeurs
<b>Copenhague</b>	Unité de pré-traitement à 10 km du centre-ville de Copenhague. Méthanisation réalisée à 80 km de la capitale.	Non connue	Equipement avec un procédé de traitement des odeurs. Information selon laquelle le fertilisant produit moins d'odeur que le fumier.
<b>Liège</b>	Site de biométhanisation de Herstal situé à proximité de Liège (proximité avec l'unité de valorisation énergétique Uvélia) dans un environnement très urbain.	Zone industrielle Premières habitations à 250 m	Compte tenu de l'environnement très urbain, le projet a été conçu pour éviter au maximum les nuisances olfactives (aucune plainte à ce jour). Renouvellement de l'air 3 fois par heure (soit 75 000 m <sup>3</sup> /h), puis il est chauffé et utilisé par le sécheur. L'air vicié passe ensuite dans un système de lavage acide puis de biofiltre fermé avant d'être évacué par une cheminée pour une dispersion optimale. Nez électronique permettant de mesurer l'impact olfactif. Dès qu'une plainte est émise, le site doit se justifier auprès des autorités en moins de 30 minutes.
<b>Genève</b>	Site de Châtillon situé sur la ville de Bernex, à proximité immédiate de Genève (autorisation pour délester les volumes supplémentaires en bord de champs).	Zone plutôt agricole. Premières habitations à 1 km	Problématique d'odeurs principalement au niveau du compostage. Nouvelle installation de traitement des odeurs de la halle de compostage depuis 2017 : confinement de la halle par bâchage, ventilateurs pour diriger les odeurs dans une partie de la halle où est opéré un pré-lavage acide et alcalin puis un lavage biologique, nez électronique en sortie pour contrôler les odeurs. Ces nouveaux équipements ont permis de réduire significativement les nuisances olfactives générées par l'installation.
<b>Genève futur site</b>	Zone industrielle de Bois-de-bay (le choix de cette zone pour l'implantation de l'installation répond aux règles d'aménagement du territoire)	Zone industrielle Premières habitations à 1 km	Non connue
<b>Uppsala</b>	Unité de méthanisation située sur une ferme à proximité de la ville.	Zone agricole, limite zone industrielle Premières habitations à 800 m	Site équipé de divers systèmes de traitement des odeurs, mais persistance des problèmes d'odeurs. Stockage du digestat chez agriculteur (pas de problème d'odeurs pour cette phase).
<b>Bristol</b>	Unité d'Avonmouth localisée au sein du plus grand centre de traitement des eaux usées et des boues de Wessex Water Bristol.	Zone industrielle Premières habitations à 1 km	Utilisation de filtres à charbon pour le traitement des odeurs.
<b>Lorient</b>	Unité de traitement biologique ADAOZ située sur le territoire de l'agglomération à Caudan. Positionnement central par rapport aux zones urbanisées dans lesquelles la collecte est opérée.	Zone industrielle Premières habitations à 150 m	Attention particulière aux potentielles nuisances olfactives compte tenu de la proximité des premières habitations. Dépressurisation du complexe de traitement des déchets, puis captage des émanations dans les circuits de ventilation/aération. Désodorisation par un passage successif dans deux tours de lavage et dans un bio-filtre. Site équipé de portes automatiques pour limiter le temps d'exposition aux odeurs.

## 5.10. Données économiques

Les éléments économiques sont généralement peu disponibles auprès des acteurs enquêtés, cela peut être lié à la répartition des compétences qui ne permet pas de disposer d'une vision globale des coûts (dichotomie collecte / traitement), à la confidentialité de certaines données (acteurs privés notamment), ou encore aux projets en cours qui ne disposent pas encore de suffisamment de recul pour présenter des coûts.

Cependant, certaines informations (parfois uniquement qualitatives) relatives à l'investissement, aux coûts de collecte, traitement et aux recettes de la vente de produits sont disponibles et synthétisées dans le Tableau 24. Pour les produits, aucune recette liée à la valorisation du biogaz n'est indiquée.

Les coûts de traitement sont très variables et difficilement comparables compte tenu de la disparité des données obtenues, néanmoins quelques éléments évoqués par les acteurs interrogés peuvent être mis en avant :

- Les coûts les plus importants reposent sur la collecte des biodéchets ;
- La prise en charge de la collecte et du traitement par une même entité permet d'optimiser les coûts ;
- Le maintien d'un approvisionnement minimum (à 20 000 tonnes concernant Uppsala) est une condition essentielle pour la rentabilité de l'unité ;
- Lorient qui est la seule ville à réaliser du compostage estime que son processus relativement simple implique des coûts de traitement plutôt faibles ;
- Globalement, on n'observe peu de recettes liées à la vente des composts et digestats, soit parce que le traitement est externalisé (recettes pour l'exploitant et non pour la collectivité), soit parce que les digestats et composts ne sont pas vendus ou peu chers.
- La fluctuation des prix de rachat de l'électricité influe fortement sur les recettes issues de la revente du biogaz.

**Tableau 24 : Données économiques des REX enquêtés.**

	Investissements	Coûts de collecte	Coûts de traitement	Coûts d'élimination	Autres coûts	Recettes liées à la valorisation	Commentaires
<b>Copenhague</b>	-	Coût supplémentaire par rapport à une collecte d'OMR	40 € par tonne de déchets		-	Pas de recettes pour la collectivité car traitement par prestataire	Le fait de passer par une société qui réalise toutes les étapes du traitement (pré-traitement, transport et méthanisation) a permis d'obtenir un bon prix lors de la passation du marché. La méthanisation permet de réduire les coûts de traitement des biodéchets par rapport à l'incinération, en revanche, la collecte séparée des biodéchets représente un coût supplémentaire
<b>Liège</b>	27 millions € (subventions régionales sur l'amortissement de près de 35 %)	-	-		-	Compost vendu entre 3 et 18 euros la tonne	Les subventions résultent de plusieurs mécanismes de soutien liés au traitement de déchets organiques et des accords avec d'autres intercommunales. Les bâtiments sont amortis sur 20 ans. Des subventions existent aussi pour la phase d'exploitation pour soutenir la production de biogaz. Ceci correspond à un soutien financier de 25 % à la production de biogaz intégrant la partie investissement et exploitation. Ce soutien, qui intègre les coûts d'exploitation, est notamment dû au fait que les tarifs de rachat de l'électricité ne sont pas fixes et qu'ils fluctuent quotidiennement (cours de l'électricité).
<b>Genève</b>	37 millions € (pour le futur projet)	400 €/t pour la collecte, le traitement et l'élimination			-	Pas de recettes pour la collectivité car traitement par prestataire	Le futur projet ne bénéficiera d'aucune subvention de la Confédération ou du Canton.
		-	160 €/t traitée à Châtillon	95 €/t pour les refus incinérés			
<b>Uppsala</b>	1,5 millions € pour l'extension de l'unité (passage de 50 à 100 000 t de déchets par an)	-	-	Transport des digestats pris en charge par Uppsala	-	Pas de recette pour la collectivité (don aux agriculteurs)	Jusqu'à 2011, l'unité de traitement n'était pas rentable économiquement. La montée en compétences et en connaissances a permis de disposer d'une usine qui aujourd'hui fonctionne. Uppsala Vatten insiste sur la nécessité de sécuriser un approvisionnement suffisant avec un minimum de 20 000 tonnes de déchets organiques par an pour espérer avoir un retour sur investissement sur un modèle similaire.
<b>Lorient</b>	-	Charges : 5,2 millions d'euros (2019)				Produits : 300 294 € (2019)	La gestion de l'unité de Traitement Biologique de Caudan a été confiée à GEVAL via la signature d'un marché public pour une durée de 6 ans (échéance au 31/12/2024) et pour un montant annuel de marché s'élevant à 2,8 millions d'euros en 2019. Le coût aidé pour la collecte séparée des biodéchets et leur traitement est de 23 euros HT par habitant ou 614,8 euros par tonne traitée. Ce coût tend à augmenter puisqu'il était de 18 euros par habitant en 2014, en lien avec : <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'indice de variation des prix sur la collecte ;</li> <li>• L'amortissement des nouveaux bacs à cuves réductrices ;</li> <li>• Une augmentation des coûts pour la gestion en régie.</li> </ul> L'amélioration progressive du traitement permet d'amortir les coûts sur la durée. Le process utilisé par Lorient Agglomération est relativement contraint par rapport à la ventilation et gestion des odeurs, ce qui implique des coûts de fonctionnement plus élevés qu'un procédé de compostage basique.
		385 €/tonne (collecte) 71 €/tonne (pré-collecte)	138 €/tonne	-	58,30 €/tonne pour les charges de structures, la communication et la prévention	1,80 €/tonne (produits) 35,70 €/tonne de subventions	

## Phase 4 : Analyse comparative des stratégies de valorisation

### 6. Analyse comparative des stratégies de valorisation adoptées

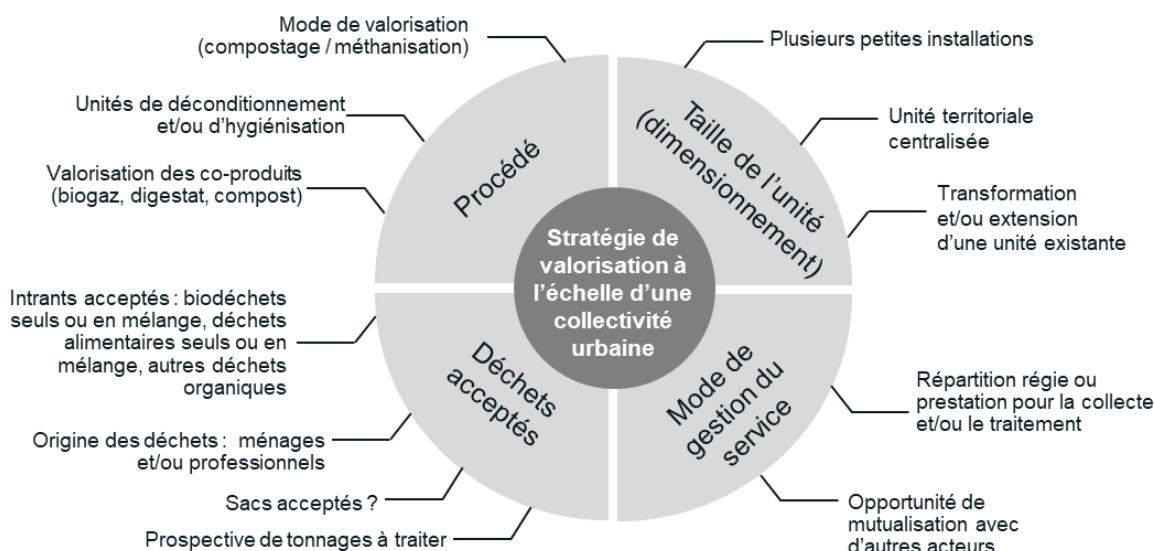
#### 6.1. Facteurs définissant les stratégies

La stratégie de valorisation des biodéchets mise en place à l'échelle d'une ville est déterminée selon 4 facteurs principaux :

- Le **mode de gestion du service** voulu par la ville : il s'agit de répondre à la question de savoir qui va porter la collecte et le traitement des biodéchets (mutualisation avec d'autres collectivités, régie, prestation pour tout ou partie de la gestion, etc.). La collectivité peut choisir d'être moteur du développement du projet, accompagnatrice ou encore observatrice sans rôle actif. Elle doit ainsi déterminer le mode de gouvernance pour le projet et son niveau d'implication.
- Le choix concernant le **mode de valorisation** : il s'agit de répondre à la question de comment seront traités les biodéchets (méthanisation ou compostage), de choisir ensuite le procédé et la façon de valoriser les produits issus du traitement (valorisation des composts, digestats et du biogaz notamment). Au stade du développement du projet se posera à ce stade la question de connaître les équipements présents sur le territoire de la collectivité ou à proximité, ainsi que leurs capacités de traitement résiduelles.
- En lien avec le mode de valorisation choisi, se pose également la question de la **quantité** (gisement attendu et évolution de ce gisement dans le temps) et du **type de déchets** qui seront acceptés sur la future unité de traitement (déchets alimentaires seuls, déchets verts, déchets des ménages seuls et/ou de professionnels, sacs acceptés ou non, type de sacs acceptés, etc.).  
Par exemple pour le compostage, il est nécessaire de disposer d'un gisement de structurant, généralement des déchets verts broyés. Pour la méthanisation, plusieurs REX fonctionnent avec les biodéchets des collectivités seuls, mais pour valoriser le digestat sous forme de compost, il est nécessaire d'ajouter du structurant également.  
La quantité et la qualité du gisement des intrants influenceront directement le dimensionnement des installations (point ci-dessous).
- Toujours en lien avec le mode de valorisation mais aussi avec le gisement de déchets attendus, le **dimensionnement de l'unité de valorisation** constitue un facteur de choix déterminant pour l'élaboration d'une stratégie (extension d'une unité existante, création d'une unité dédiée ou territoriale, création de plusieurs installations satellitaire, etc.). Sur ce point il s'agira notamment de connaître les démarches de création d'unités déjà engagées sur le territoire ou au voisinage du territoire et la possibilité ou non de s'y associer.  
Cela rejoint également la question de l'existence de débouchés locaux et des besoins pour les produits de la valorisation. En milieu urbain, selon la taille de l'agglomération, un gisement conséquent peut justifier de la création d'une installation.

Pour se positionner vis-à-vis de ces différents facteurs, la collectivité doit s'engager dans une phase d'étude qui doit permettre de bien appréhender les enjeux du territoire sur ces différents points. « Un projet, de sa conception à sa mise en service, peut prendre 3 à 5 ans durant lesquels le porteur de projet réalise ces études ainsi que les démarches pour obtenir les autorisations et conclure les contrats nécessaires au lancement du chantier et de l'exploitation. » (AMORCE, 2021).

Ces 4 facteurs principaux et techniques sont synthétisés sur la Figure 23 ci-après et sont décrits de façon plus approfondie dans les paragraphes suivants. Ils impactent l'organisation de la filière, le procédé, les coûts et jusqu'à l'efficacité du tri à la source (participation des usagers au tri facilitée ou non). Ils peuvent également impacter de façon significative les filières existantes pour les projets qui impliquent l'extension d'une unité existante. Par exemple, l'introduction de déchets alimentaires des ménages dans une filière de méthanisation de déchets agricoles peut en modifier le process (ajout d'une étape de mélange, mise en fermentation plus rapide, ajustements des besoins en aération, maîtrise du process d'hygiénisation, etc.).



**Figure 23. Facteurs techniques de choix d'une stratégie de valorisation des biodéchets à l'échelle d'une collectivité urbaine (RECORD, 2022).**

En plus de ces facteurs techniques qui définissent la stratégie de valorisation et qui seront décrits dans les chapitres suivants, s'ajoutent d'autres facteurs pouvant aiguiller ou motiver le choix des collectivités. Il peut s'agir :

- De facteurs historiques : une collectivité peut en effet être influencée par ses propres retours d'expériences ou par ceux des agglomérations voisines. Par exemple, à Lorient, le choix du compostage (vis-à-vis de la méthanisation) a été fait en 2002. La raison de ce choix était principalement liée à un historique remontant aux années 1980, durant lesquelles un chantier pour la construction d'une unité de méthanisation avait été initié, mais suite au dépôt de bilan de la société en charge de la construction, le projet avait été abandonné. Aujourd'hui, cet historique plus ancien ne représente plus un frein.  
Dans le Haut-Rhin, le Syndicat Mixte pour le traitement des déchets a fait le choix du compostage en raison de son historique également, initialement un TMB existait depuis 1985, mais les composts d'OMR obtenus par le TMB étaient de mauvaise qualité. Entre 2009 et 2010, une transition naturelle s'est faite vers le compostage de biodéchets en transformant la plateforme existante.
- De facteurs d'opportunité peuvent également orienter les choix en matière de valorisation des déchets organiques. En fonction des études réalisées en amont, le choix peut être fait de capitaliser des installations existantes (en lien notamment avec la question du dimensionnement vue plus haut), de transformer des outils existants ou de profiter de la présence de prestataires locaux.  
A Uppsala, le projet de méthanisation s'est greffé à l'existant. A Bristol, un des critères de choix de l'installation de traitement de GENeco à Avonmouth était la proximité du site de traitement.
- De facteurs politiques : les incitations nationales (incitations financières essentiellement) impactent de façon notable le choix d'une filière, mais également le choix du mode de valorisation des sous-produits.  
Les enjeux croissants autour de la problématique du mix énergétique et du souhait grandissant de réduire la dépendance des pays aux énergies fossiles importées, favorisent notamment la progression des mesures incitatives en faveur de la méthanisation.  
Au Danemark, par exemple, l'importante activité rurale et agricole, associée aux objectifs énergétiques et environnementaux, a favorisé le développement de la méthanisation. D'abord via le développement de petites unités de méthanisation au sein des exploitations agricoles, puis à travers un modèle de méthanisation centralisée pour produire de plus grandes quantités de biogaz avec l'objectif de remplacer pour 2030, 15 à 20 % du gaz naturel par du biogaz.  
Au-delà des enjeux nationaux, les collectivités présentent des volontés ou des engagements plus ou moins forts. Par exemple sur certaines zones géographiques, historiquement les aspirations vis-à-vis du retour au sol de la matière organique sont plus ou moins importantes.

Par exemple en France, en Alsace ou à Lorient, le retour au sol de la matière organique est recherché de manière historique.

- Enfin, la question des coûts est également une entrée importante pour déterminer la stratégie de valorisation. D'un côté le compostage est une filière relativement simple et peu coûteuse à mettre en place, mais présentant une faible rentabilité (cession du compost comme c'est le cas du compost de digestat à Genève ou vente à prix modique). De l'autre, la méthanisation apporte davantage de recettes avec la vente d'énergie mais nécessite des coûts d'investissement plus importants. La recherche de viabilité économique du projet peut ainsi guider les orientations prises.

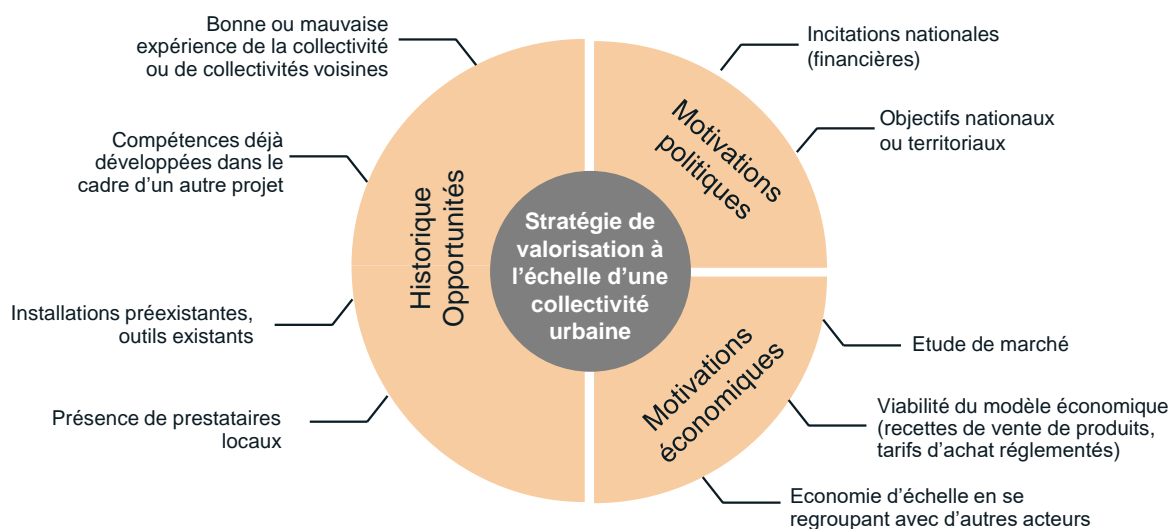
La question de l'étude de marché est cruciale pour répondre à ce besoin de viabilité économique.

La recherche d'économie d'échelle, en mutualisant les installations avec d'autres collectivités ou en limitant le nombre de prestataires répond également aux motivations économiques. Dans un retour d'expérience, le fait de passer par une société qui réalise toutes les étapes du traitement (pré-traitement, transport et méthanisation) a permis d'obtenir un bon prix lors de la passation du marché.

Il existe par ailleurs plusieurs mécanismes financiers incitatifs :

- Subventions au niveau territorial ou national (le projet de Liège a vu le jour avec l'aide de subventions de l'intercommunalité) ;
- Tarifs de rachat du biométhane plus ou moins avantageux selon les filières. Par exemple à Bristol, l'injection est la voie de valorisation la plus rentable pour les déchets alimentaires, compte tenu de tarifs de rachat très avantageux du biométhane injecté produit par méthanisation des déchets alimentaires. Pour les boues, ces tarifs sont moins avantageux, ce qui explique le choix de séparer ces deux flux ;
- L'existence de système de garanties d'origines (SGO) permet également de mettre en valeur la valorisation du biogaz par injection dans le réseau. A Bristol, le Green Gas Certification Scheme (GGCS) est un système qui permet de suivre le biométhane, ou « gaz vert », tout au long de la chaîne d'approvisionnement afin de fournir une garantie d'origine à ceux qui l'achètent.

Ces 4 facteurs socio-économiques et politiques sont synthétisés sur la Figure 24 ci-après.



**Figure 24. Facteurs socio-économiques et politiques de choix d'une stratégie de valorisation des biodéchets à l'échelle d'une collectivité urbaine (RECORD, 2022).**

Les stratégies définies au démarrage d'un projet sont par ailleurs susceptibles d'évoluer dans le temps. Ceci peut être en lien avec l'évolution des incitations financières, mais également en lien avec l'approvisionnement en intrants qui peut varier. En fonction du dimensionnement, la rentabilité du projet peut également varier : il est donc nécessaire d'anticiper les évolutions de tonnages ou de pouvoir faire évoluer les unités de traitement. A Uppsala, jusqu'à 2011, l'unité de traitement n'était pas rentable économiquement. La montée en compétences et en connaissances a permis de disposer d'une usine qui aujourd'hui fonctionne.

Cette progression dans la stratégie peut également être programmée au démarrage du projet. Un aspect progressif des stratégies mises en œuvre a été rencontré sur plusieurs REX en France avec les approches par étapes suivantes :

- Externalisation du traitement : les collectivités ont recours dans un premier temps (démarrage des collectes de biodéchets) à un prestataire externe pour le traitement des biodéchets, payant un coût à la tonne traitée (possiblement plus cher), mais sans investissement ;
- Montée en puissance des quantités collectées, qui peut entraîner la reprise du traitement en interne par la collectivité, via le développement ou la transformation d'une installation existante ou la création d'une unité nouvelle.

Finalement, chaque stratégie résulte des conditions locales (gisement, exutoires, vellétés politiques des acteurs, incitations politiques et financières, historique, etc.).

## 6.2. Mode de gestion du service

Une collectivité peut choisir de porter le projet en régie, investir dans un projet privé (initiative d'entreprises, d'agriculteurs ou de collectifs citoyens) ou seulement accompagner le projet. GRDF, dans son guide à destination des collectivités synthétise les différents niveaux d'implication d'une collectivité dans le schéma suivant.



**Figure 25. Rôle des collectivités dans un projet de méthanisation (GRDF, 2021).**

La collectivité peut également se positionner comme un fournisseur d'intrants ou un client de l'unité de méthanisation ou de compostage.

Lorsque la collectivité est maître d'ouvrage (comme c'est le cas pour les 6 REX enquêtés), elle peut choisir de gérer publiquement (régie) ou faire le choix d'un opérateur privé via un marché d'exploitation ou une délégation de service public.

Ce choix peut se faire sur tout ou partie du processus (collecte, traitement, gestion des débouchés). Le choix de gérer une partie ou l'ensemble de la filière peut influencer les performances du dispositif :

- Une dichotomie de la collecte et du traitement implique la vigilance sur le point suivant : la coordination entre les opérateurs de la collecte, du tri et du traitement est essentielle pour garantir la qualité des produits sortants. A Bristol par exemple, l'accent est mis sur les quantités collectées (les sacs en plastique sont acceptés pour augmenter les quantités collectées) sans exigence sur la qualité, mais cela impacte les performances de l'usine de traitement (gestion difficile des sacs plastiques). A Genève, le traitement est pris en charge par une entreprise publique mais la ville n'a pas de regard sur les tarifs pratiqués pour la valorisation du biogaz par exemple. En revanche elle est vigilante sur les autorisations et la qualité des digestats. Cette dichotomie peut impacter la stratégie car les objectifs des différents acteurs sont différents :
  - La collectivité ou la ville souhaitera détourner un maximum de déchets des OMR ;
  - L'exploitant lui se focalisera sur ses objectifs en matière de valorisation et sur la qualité du retour au sol.
- A l'inverse, la maîtrise de l'ensemble des étapes (collecte et traitement) permet de pousser l'approche qualité du compost ou digestat produit en maîtrisant les consignes de tri et le niveau d'acceptabilité. A Uppsala, la maîtrise des consignes de tri en amont (seuls les sacs en papier sont autorisés) permet d'aboutir à une qualité de compost élevée en aval (certification du

compost). En revanche, l'unité d'Uppsala a mis un certain temps à devenir rentable en lien avec la nécessité de monter en compétences sur le traitement des déchets organiques.

- Lorsque la collecte et le traitement sont externalisés (cas de Copenhague par exemple), la collectivité se positionne comme un maître d'ouvrage qui doit malgré tout s'intéresser au processus car les erreurs de tri et une quantité trop importante de refus entraîneront des coûts de traitement supplémentaires.

Ces différences sont synthétisées dans la Figure 26 ci-dessous. Il est difficile de dire si une approche est mieux qu'une autre, mais lorsque les acteurs sont multiples, la vigilance sur la qualité du tri d'une part et sur la qualité des produits en sortie (compost, digestat) d'autre part est une condition de performance du projet. Une concertation préalable doit être menée avec les acteurs en charge du traitement en amont du lancement d'une collecte de biodéchets, afin de définir les outils de pré-collecte à mettre en place, en lien avec les processus et équipements en place sur l'unité de traitement.



**Figure 26. Points de vigilance liés aux différentes approches de gestion du service (collecte et traitement) (RECORD, 2022).**

### 6.3. Choix d'un procédé

Deux principaux procédés ont été observés à l'échelle des collectivités urbaines européennes :

- La méthanisation pour 24 des 26 retours d'expériences ;
- Le compostage pour 3 des 26 retours d'expériences (2 villes, Barcelone et Lubeck possèdent à la fois des unités de méthanisation et des unités de compostage et une ville, Manchester envisage la méthanisation).

Cela témoigne d'un réel engouement pour la filière de méthanisation dans les milieux urbains.

Malgré la simplicité du procédé de compostage et les faibles coûts, et malgré la possibilité d'adapter facilement une filière de compostage de déchets verts (existante) par l'introduction de déchets alimentaires, la méthanisation semble être privilégiée.

La préférence faite à la méthanisation est principalement en lien avec les incitations financières et les volontés politiques à différents échelons (local, régional, national). De façon générale en Europe, les incitations financières se traduisent par des tarifs de rachat d'électricité avantageux (cas de Bristol) et/ou des systèmes de garantie d'origine (registre national GRDF en France, « Green Gas Certification Scheme » à Bristol).

Les volontés politiques fortes de certains pays où il existe des objectifs nationaux ambitieux (objectif national zéro empreinte carbone de la Suède) favorisent également le développement de la méthanisation.

Au-delà des facteurs d'opportunités spécifiques à chaque localité (exemple de Bristol dont le choix s'est aussi porté sur la méthanisation car au moment de l'appel d'offre GENeco était plus proche et mieux disant), d'autres facteurs peuvent intervenir au moment de se positionner sur un procédé :

- La question des intrants (déchets alimentaires seuls ou avec déchets verts) peut être soulevée. Dans des contextes urbains, les déchets verts (structurants dans le procédé de compostage) sont potentiellement présents dans des plus faibles proportions car la présence de pavillons avec jardin est limitée ;
- Le caractère urbain des territoires étudiés impacte également le choix de la zone d'implantation. Une unité de traitement urbaine a plus de chance d'être proche d'habitations et donc générer

des nuisances olfactives pour le voisinage, cela peut alors freiner un projet (mauvaise adhésion de la population et coût lié au traitement de l'air) comme cela a été le cas à Genève (travaux nécessaires pour lutter contre le problème d'odeur qui persiste) ;

- Enfin en ville, la disponibilité des terrains est plus faible et les coûts plus élevés, d'où l'intérêt de se positionner sur un procédé de méthanisation qui demande une superficie moins importante (espace restreint à Liège).

Enfin le facteur économique se traduit à plusieurs niveaux lorsqu'il s'agit de choisir un procédé :

- Au moment de l'investissement, les projets de méthanisation nécessitent un investissement plus important (en partie compensé par les incitations financières vues plus haut) ;
- Les coûts de fonctionnement d'une unité de méthanisation sont également plus élevés ;
- Les recettes associées à la valorisation du compost sont faibles voire nulles (à Genève le compost est distribué gratuitement). Les voies de valorisation du biogaz (injection, carburant, etc.) permettent de multiplier les recettes, ce qui peut limiter les surcoûts de fonctionnement par rapport au compostage.

#### **6.4. Choix en termes de valorisation des sortants**

Le choix du procédé se poursuit par le choix de la valorisation des sous-produits : digestat et/ou compost d'une part et biogaz d'autre part.

En termes de **valorisation matière**, les modes de valorisation du digestat existants sont les suivants :

- Digestat liquide en épandage direct ;
- Digestat solide, épandu après séchage ou après séparation de la phase aqueuse ;
- Digestat composté et épandu.

Dans le cas du compostage des digestats, l'étape d'hygiénisation des intrants n'est pas nécessaire.

Pour le compostage des digestats, des étapes de séchage ou de mélange avec les déchets verts (comme à Genève) peuvent être nécessaires.

Dans son guide à destination des collectivités, GRDF compare les qualités du digestat et du biogaz. Ce comparatif est extrait dans la Figure 27.

Sur le plan économique, les débouchés dépendent de la qualité des digestats et des utilisateurs locaux : à Uppsala (digestat liquide) comme à Genève (digestat composté), les produits sont distribués gratuitement.

A l'inverse, à Copenhague ou Bristol (digestat liquide et/ou solide) comme à Liège (digestat composté) les produits ont une valeur marchande.

Au moment du choix du mode de valorisation, il est indispensable d'engager un dialogue avec les agriculteurs pour évaluer leurs besoins, étudier les produits qu'ils privilégient et bâtir des partenariats qui permettent de sécuriser les débouchés. A Genève, le manque de concertation avec les agriculteurs, a entraîné des difficultés en matière de vente du compost. Tandis qu'à Bristol la passation de contrat avec des agriculteurs sécurise la vente du digestat.

Qu'il s'agisse de compost ou de digestat, la qualité du produit en sortie est le principal atout pour favoriser la vente des sous-produits. La ville d'Uppsala considère que la certification AB du digestat est un réel atout dans la relation de confiance avec les exploitants agricoles. Il est en de même pour Bristol qui travaille avec des agronomes pour garantir une bonne qualité de digestat et dont les agriculteurs partenaires sont satisfaits par cette alternative aux engrais conventionnels. Enfin, Lorient recourt à la Lorient labellisation ASQA pour le compost produit : il s'agit d'une démarche nationale, plus contraignante que la norme NFU 44-051, qui a pour vocation de garantir un produit de qualité aux agriculteurs.

Au niveau réglementaire, la production d'un compost normé permet de sortir du statut de déchets. Ce n'est pas le cas pour le digestat qui conserve un statut de déchets et pour lequel il est nécessaire de prévoir un plan d'épandage.

	Compost	Digestat
<b>Fonction fertilisante</b> <i>Apport des éléments nutritifs pour les plantes</i>	Apport d'azote organique assimilable à long terme Apport de P et K Pilotage difficile de la minéralisation mais pas de risque de volatilisation	Azote minéral assimilable rapidement par les plantes Apport de P et K Pilotage de la fertilisation possible mais risque de volatilisation à l'épandage
<b>Fonction amendante</b> <i>Entretien des propriétés physico-chimique et biologique du sol</i>	Apport du carbone stable	
<b>Fonction hygiénisante</b> <b>Impact sur les pathogènes</b> <i>(E.coli, Salmonelles, œufs d'helminthes, coliformes fécaux)</i>	Le compost est un produit hygiénisé, si la phase de compostage est bien menée, c'est-à-dire que la température de 80°C est atteinte pendant plusieurs heures au sein de l'andain.	Elimination des germes pathogènes : · 99% en méthanisation mésophile (à 37°C) · 99,99% méthanisation thermophile (à 55°C)*
<b>Impacts sur les éléments traces métalliques, HAP, PCB</b>	L'abattement de la matière organique des intrants entraîne la concentration des éléments. Cet effet est contrebalancé par l'apport de structurant (dilution).  Ces éléments sont contrôlés et doivent rester sous les seuils réglementaires pour pouvoir être épandus.	L'abattement de la matière organique des intrants entraîne la concentration des éléments.
<b>Impact sur les graines d'adventices</b>	Destruction des graines d'adventices (notamment rumex, ambrosie, chardon), limitant le recours aux herbicides pour les cultures suivantes.	
<b>Impact sur les odeurs</b>	Réduction des odeurs par rapport aux intrants non compostés. Ajout d'un bâtiment et d'une désodorisation de la phase de fermentation pour limiter les odeurs.	Réduction des odeurs par rapport aux intrants non digérés. La fermentation est réalisée dans une cuve fermée. La réception des intrants, étape source d'odeurs est réalisée dans un bâtiment avec traitement d'odeur.
<b>Réglementation</b>	Possibilité de normalisation NFU44-051.	Plan d'épandage Cahiers des Charges DigAgri Possibilité de composter le digestat pour accéder à la norme NFU 44-051.
<b>Impact sur les pratiques agricoles</b>	Valeur amendante	Valeur amendante et fertilisante. Amélioration des pratiques agricoles (rotations, pilotage de la fertilisation), recyclage de l'azote

Figure 27. Comparatif des produits issus du traitement des biodéchets (GRDF, 2021).

En ce qui concerne la **valorisation énergétique**, il existe une multiplicité d'usages du biogaz : chaleur, électricité, injection réseau et carburant, possible grâce aux équipements suivants : chaudière et cogénérateur (pour la production de chaleur et d'électricité), épurateur (pour la production de biométhane et de bioGNV).

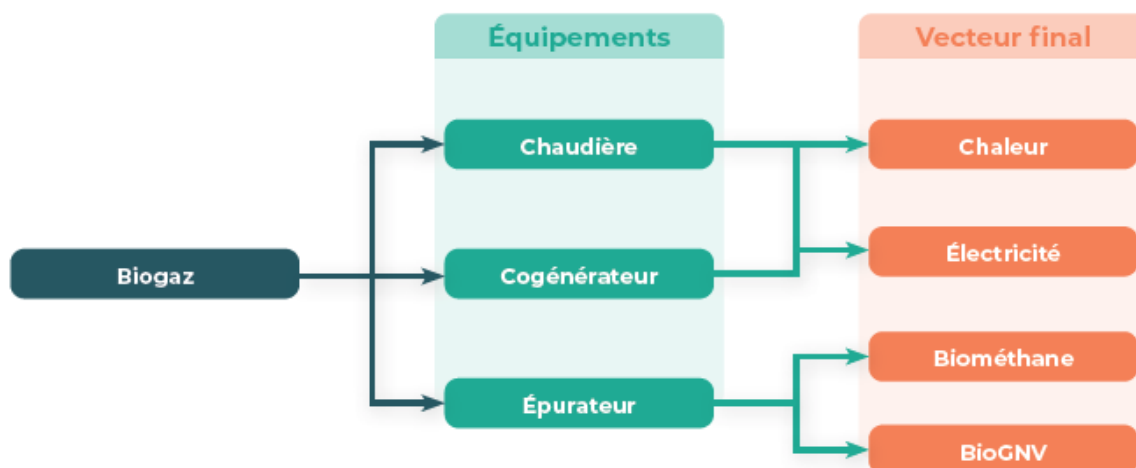


Figure 28. Valorisations possibles du biogaz (GRDF, 2021).

Comme vu plus haut, l'injection dans les réseaux de biogaz peut faire l'objet de tarifs avantageux ou de garantie d'origine et peut ainsi représenter un avantage économique, dans la mesure où les infrastructures pour sa distribution existent (il est effectivement nécessaire d'anticiper les éventuels coûts liés au raccordement). GRDF ajoute que l'injection du biogaz « lui assure un stockage important et permet ainsi le découplage de la production et de l'utilisation, ce qui rend cette voie de valorisation optimale » (GRDF, 2021). Dans son guide à destination des élus, AMORCE (2021) ajoute que l'injection du biogaz a un rendement de 95 %, là où la valorisation sous forme d'électricité n'apporte un rendement que de 35 %, voire 65 % quand la chaleur est également valorisée. Cela justifie de prioriser ce mode de valorisation. La substitution aux carburants est également à considérer prioritairement par rapport à la génération d'électricité lorsque le biogaz ne peut être injecté. Pour l'injection en réseau du biogaz, il est considéré un seuil de 15 000 tonnes de biodéchets par an au minimum pour viabiliser cette voie de valorisation.

Le rendement des différentes filières peut également être impacté par les conditions de stockage des biodéchets, en effet les biodéchets sont fortement fermentescibles et doivent être stockés dans des conditions qui limitent les pertes de matière et de potentiel méthanogène. Cela est illustré à Liège avec un biogaz plus chargé en CH<sub>4</sub> en fin de semaine.

### 6.5. Dimensionnement de l'unité

La localisation de l'installation est un premier facteur qui peut contraindre le dimensionnement de l'unité. En milieu urbain, la surface disponible peut en effet être limitée (cas de Liège). A Copenhague, le choix du site a également été contraignant, puisqu'il était impossible réglementairement de construire une unité en propre, le choix s'est porté sur la seule unité disponible à moins de 80 km de Copenhague. Il existe en effet un intérêt à ne pas s'éloigner trop des lieux de collecte :

- Pour limiter les coûts et l'empreinte carbone du transport des déchets ;
- Pour garder une certaine proximité avec les voies de valorisation (notamment pour l'injection de biométhane et l'utilisation de bioGNV par des bus de ville par exemple).

La proximité permet également de mettre en avant la circularité du procédé (à Bristol les déchets produits par les ménages les fournissent en biométhane).

Il est également possible de se positionner sur des zones où se concentrent déjà des infrastructures de traitement des déchets pour limiter le transport des refus ou des indésirables. A Liège, l'installation de méthanisation s'est implantée à proximité à la fois des lieux de collecte et de l'unité de valorisation énergétique Uvélia qui traite les déchets ménagers résiduels.

Il existe une notion de taille critique, qui est plus prononcée pour la méthanisation que pour le compostage. Pour les unités de compostage, au-delà de 20 % de biodéchets ou au-delà d'un tonnage de l'ordre de 1 000 à 2 000 tonnes, il est préconisé de mettre en œuvre des solutions de compostage plus maîtrisées avec a minima une étape de fermentation en modules indépendants avec aération en ventilation forcée couverte voir désodorisée. En ce qui concerne la méthanisation le seuil minimal se situe autour de 10 à 15 000 tonnes de biodéchets (SAGE, AMORCE, 2019).

Parmi les REX identifiés, il s'agit généralement d'unités de traitement uniques qui traitent plus de 10 000 tonnes de déchets par an (excepté pour Lorient qui traite 8 000 tonnes mais dont la capacité de traitement est de 16 000 tonnes). La ville d'Uppsala estime même qu'un approvisionnement de 20 000 tonnes est nécessaire pour espérer un retour d'investissement. Il est cependant envisageable de s'appuyer sur des petites unités de traitement en local, c'est d'ailleurs une des pistes de la ville de Bristol qui cherche à optimiser l'espace et augmenter la capacité de digestion du site d'Avonmouth.

Enfin, il est possible de massifier les flux de déchets pour alimenter de plus grandes unités de traitement (cas de Copenhague par exemple), mais cela implique d'augmenter le transport des déchets.

En France, actuellement, les unités de méthanisation sont plutôt de grande capacité (supérieures à 15 000 tonnes) pour des raisons économiques, nécessitant généralement un regroupement entre collectivités ou un « mélange » avec d'autres producteurs pour viser un équilibre économique (SAGE, AMORCE, 2019).

Dans tous les cas, les retours d'expériences montrent qu'il faut trouver un juste équilibre dans la façon d'anticiper les tonnages à accueillir :

- Il faut à la fois prévoir de pouvoir faire évoluer à la hausse les capacités de traitement ou de stockage :
  - En cas d'acceptation de nouveaux flux : collectivités voisines se greffant à l'unité, ou nouveaux intrants (d'origine agricole par exemple). A Genève l'unité va être agrandie car de plus en plus de professionnels sont collectés ;
  - En cas d'amélioration en termes de quantités collectées. Intradel (Liège) a constaté que la quantité de déchets organiques des ménages collectés augmente les 6 premiers

mois puis diminue pour finalement se stabiliser à 70-80 % de la quantité collectée au plus haut de la contribution des ménages ;

- En cas de panne sur l'unité, qui nécessiterait un stockage en attendant la maintenance. A Liège, la capacité de stockage de déchets est trop faible en cas de dysfonctionnement de l'unité.

A Bristol, l'augmentation de tonnages collectés n'a pas été suffisamment anticipée et GENeco a dû s'appuyer temporairement sur des bassins de stockage puis sur des unités de traitement périphériques.

Il apparaît donc important de bien anticiper l'augmentation de tonnages ou de prévoir des unités modulables. Ceci peut passer par le dimensionnement de procédés (par exemple des cuves hautes avec volume utile remplies en gaz initialement) ou en prévoyant du foncier disponible.

- Tout en ne surdimensionnant pas les installations (cas de Lorient) et en prévoyant les aléas liés au dimensionnement de l'installation. Par exemple sur des installations de grande capacité le stockage ou la gestion du déchet avant son traitement peut représenter une source de nuisances (olfactives essentiellement).

Lorsqu'il s'agit d'adaptation d'unités existantes pour réceptionner déchets alimentaires urbains, au-delà du dimensionnement, il est nécessaire de pouvoir inclure certaines étapes de process et notamment le déconditionnement et l'hygiénisation lorsque cela est nécessaire. A Uppsala, l'unité construite en 1996 accueillait initialement des déchets animaux et des déchets d'abattoirs, en 2006 des modifications de process (déconditionnement notamment) ont été nécessaires pour pouvoir accueillir les biodéchets.

## 6.6. Déchets réceptionnés

Les déchets réceptionnés par les installations de traitement des biodéchets soulèvent trois questions :

- La question du mélange de différents intrants ;
- La question des quantités reçues ;
- La question spécifique des sacs en plastique ou papier utilisés dans le cadre de la pré-collecte.

Concernant le **mélange de différents intrants**, de façon générale, il est recommandé de diversifier les flux intrants, de façon notamment à atteindre des volumes suffisants pour garantir une certaine rentabilité et de façon à sécuriser les apports en matière organique (enjeu économique).

L'ajout de structurant (déchets verts) est indispensable au compostage des déchets alimentaires.

Pour la méthanisation, elle peut avoir lieu sur déchets alimentaires seuls, toutefois, la diversification des intrants peut contribuer à optimiser le pouvoir méthanogène d'une part et la qualité des digestats (composition N/P/K) d'autre part. En effet, les biodéchets alimentaires peuvent présenter un potentiel excès d'azote : il peut alors être intéressant de coupler avec d'autres intrants plus carbonés (hors déchets ménagers) ou d'ajouter une part carbonée dans les consignes de tri des biodéchets aux usagers (certains textiles sanitaires comme l'essuie-tout notamment).

Plusieurs REX recevant uniquement des déchets alimentaires urbains fonctionnent (exemple de Liège) et la question de l'approvisionnement est ainsi à caractériser au cas par cas. Il peut aussi être intéressant de coupler des apports de ménages avec des biodéchets issus de professionnels, pour sécuriser les apports en massifiant les tonnages et avoir une meilleure visibilité sur les intrants (cas de Bristol).

Outre les déchets alimentaires, certaines villes acceptent ainsi d'autres types de déchets en méthanisation :

- Les déchets verts pour 21 métropoles sur 26 : toutefois, ils sont limités dans la majorité des cas à de petites fractions telles que les fleurs coupées, l'herbe et les feuilles. Les déchets, s'ils peuvent être collectés via d'autres biais (collectes dédiées en porte-à-porte ou en déchèteries) sont majoritairement orientés vers d'autres modalités de valorisation.
- Certains textiles sanitaires pour 12 métropoles ; ce sont principalement des serviettes en papier et essuie-tout, qui apportent une part carbonée au flux de déchets.
- Sept métropoles autorisent d'autres types de biodéchets comme les plumes, la paille et la litière biodégradable.

Concernant les déchets alimentaires, seules 2 intercommunalités n'autorisent pas les éléments carnés. Pour rappel, l'arrêté du 15 mars 2022 relatif à la collecte des biodéchets, restreint les déchets acceptés en France (cas des litières animales, des cartons...).

Le pouvoir méthanogène des déchets est également à prendre en compte au moment de choisir un procédé : un fort pouvoir méthanogène sera ainsi recherché pour des installations de méthanisation afin de maximiser la production de biogaz. Ainsi la présence de déchets verts au-delà de certaines proportions oriente préférentiellement vers un procédé de compostage, comme c'est le cas à Lorient.

Les déchets verts peuvent toutefois être intégrés dans la phase de compostage des digestats (cf. Genève).

La faisabilité du mélange de plusieurs intrants peut également être cadrée par la réglementation dans une logique de traçabilité et d'innocuité des matières retournées au sol (cas de la réglementation française qui interdit par exemple le mélange des biodéchets et des boues, ainsi que tout autre déchet qui n'a pas fait l'objet d'une même collecte séparée). Ainsi « Une étape incontournable dans le cadre d'une réflexion territoriale pour un projet de méthanisation est d'identifier le gisement existant et de s'assurer qu'il puisse être valorisé en méthanisation » (AMORCE, 2021). L'interdiction des mélanges en France réduit fortement les possibilités, même si des mutualisations sur le traitement des biogaz par exemple sont encore possibles (SAGE, 2019).

Enfin, le mélange de différents intrants peut impliquer d'ajouter au procédé des étapes de préparation (broyage, dilution, etc.) qui sont détaillées dans l'étude RECORD sur le stockage et les prétraitements des intrants avant alimentation de digesteurs de méthanisation. Ainsi, l'ajout de biodéchets alimentaires des ménages (considérés comme des SPAn) sur une unité existante, impose des contraintes supplémentaires en termes d'hygiénisation. Par ailleurs, les biodéchets alimentaires issus des ménages, peuvent présenter plus d'indésirables (plastiques notamment) en outre, au moment du stockage, leur pouvoir méthanogène s'affaiblit et la qualité du retour au sol sera réduite. Dans ce cas les solutions de prétraitements consisteront à optimiser le tri en amont, rechercher un stockage hermétique, assurer un déconditionnement.

« La mobilisation du gisement de biodéchets est un point clé de la réussite de leur valorisation. Les producteurs de biodéchets doivent être sensibilisés aux enjeux de cette mobilisation et au tri afin de limiter au maximum la présence d'indésirables qui dégradent la qualité de la matière » (RECORD, 2022).

La question de la **quantité** se pose en lien avec le point précédent dans la mesure où la sécurisation de l'approvisionnement est une clé de réussite de projets de valorisation de déchets alimentaires. Au moment de construire un projet de valorisation des biodéchets, la priorité peut être donnée au fait de collecter une grande quantité de biodéchets, pour précisément garantir un certain approvisionnement. Mais cela risque d'élever la quantité d'indésirables (plastiques notamment) et nuire à la qualité des produits (compost ou digestat). En cela la stratégie de Bristol (pour qui prévaut la quantité collectée) peut s'opposer à celle d'Uppsala (très exigeant en matière de qualité des intrants). En France, la priorité est d'avantage donnée à la qualité du retour au sol, comme en traduit le Pacte de Confiance publié en novembre 2019 sur les conditions optimales pour un retour au sol des matières organiques et les nouvelles mesures réglementaires en cours de discussion sur les matières fertilisantes et supports de culture.

Enfin la question des **sacs**, utilisés à domicile pour la pré-collecte, qu'ils soient en plastique, compostables ou non, ou en papier kraft, est déterminante pour la communication (facilitation du geste de tri), les pré-traitements nécessaires (déconditionnement, broyage, tri aéroulrique, etc.), la qualité des sous-produits (compost et digestat), voire l'efficacité des procédés (la présence de microplastiques pourrait diminuer le pouvoir méthanogène des mélanges selon Li et al., 2020).

En matière de conditionnement des biodéchets collectés, plusieurs choix sont opérés, du moins exigeant au plus exigeant :

- Accepter tous les sacs plastiques y compris non biodégradables (Bristol) pour faciliter au maximum le geste de tri ;
- Accepter les sacs biodégradables quels qu'ils soient pour faciliter le geste de tri mais en limitant la présence de plastiques dans les produits finaux ;
- Autoriser seulement certains sacs plastiques biodégradables : ceux distribués par la ville (Copenhague), ceux présentant une certification (sac avec label OKCompost à Genève équivalent à la norme EN 13432 imposée à Lausanne) ;
- Interdire les sacs plastiques y compris biodégradables et n'autoriser que les sacs en papier pour mettre l'accent sur la qualité des produits finaux (Uppsala) ;
- Préconiser la collecte en vrac, les biodéchets sont alors enveloppés dans du papier (serviettes, journaux).

Bien qu'ils facilitent le geste de tri (limitation des odeurs, de la lixiviation des jus, facilité logistique), les sacs en plastiques posent des problèmes au moment du traitement. Ils sont d'autant plus problématiques lorsqu'il s'agit de méthanisation, leur dégradation au cours de ces procédés est trop lente, pour les dégrader, il serait nécessaire d'augmenter les temps de séjours dans les digesteurs, ce qui remet en question les performances économiques de l'installation. Par ailleurs, il y a un risque important de colmatage des équipements de pré-traitement. Pour le compostage, l'utilisation de sacs peut ne pas être optimale non plus : SAGE (2019), considère en effet que « le plus souvent les sacs ne sont pas biodégradés après 4 semaines en fermentation ventilée. ». A noter que la norme EN 13432,

relative à la valorisation des emballages par compostage industriel, prévoit que 90 % de la matière sèche soit dégradée en moins de 6 mois.

Leur utilisation rend nécessaire un prétraitement (déconditionneur, ouvreur de sacs, broyeur, etc.) ou l'ajout d'étapes de traitement (retournement pour le compostage par exemple) ou de tri amont ou aval (tri aéroulique). C'est le choix fait par la plupart des REX enquêtés :

- Copenhague : tri par tamisage et broyage ;
- Liège : tri dans un crible rotatif ;
- Genève : broyage et tri aéroulique ;
- Uppsala : broyage ;
- Bristol : tri et déconditionneur ;
- Lorient : tri aéroulique après compostage.

Ces solutions n'offrent pas toujours pleinement satisfaction, car le déconditionnement ne permet pas d'atteindre un objectif d'élimination totale des indésirables (plastiques de petites dimensions notamment) (ADEME, 2021). Cela a d'ailleurs conduit Uppsala à décider de passer aux sacs en kraft.

L'étude RECORD sur les pré-traitements montre néanmoins que les traitements existants et les plus déployés (mécaniques : broyage, déconditionnement) et à l'étude (thermique, alcalin) permettent effectivement de favoriser la biodégradation des plastiques biodégradables.

### 6.7. Aspect environnemental

Peu d'éléments environnementaux ont pu être tirés du benchmark réalisé. Toutefois, des éléments comparatifs existent dans la littérature.

Du point de vue bilan carbone, la méthanisation serait plus avantageuse du fait de la production d'énergie renouvelable (SAGE, 2019) : des études ont montré une économie de 1,451 kgCO<sub>2</sub>/t méthanisée contre 1,190 kgCO<sub>2</sub>/t compostée. Cela est confirmé par l'étude ADEME sur les impacts environnementaux de filières de traitements biologiques des déchets alimentaires (ADEME, 2019) qui a comparé les impacts de 3 filières de compostage (compostage domestique, partagé ou industriel) et de 2 filières de méthanisation (méthanisation à la ferme ou centralisée). Les caractéristiques des filières de compostage et de méthanisation industrielles sont présentées dans les figures ci-après.

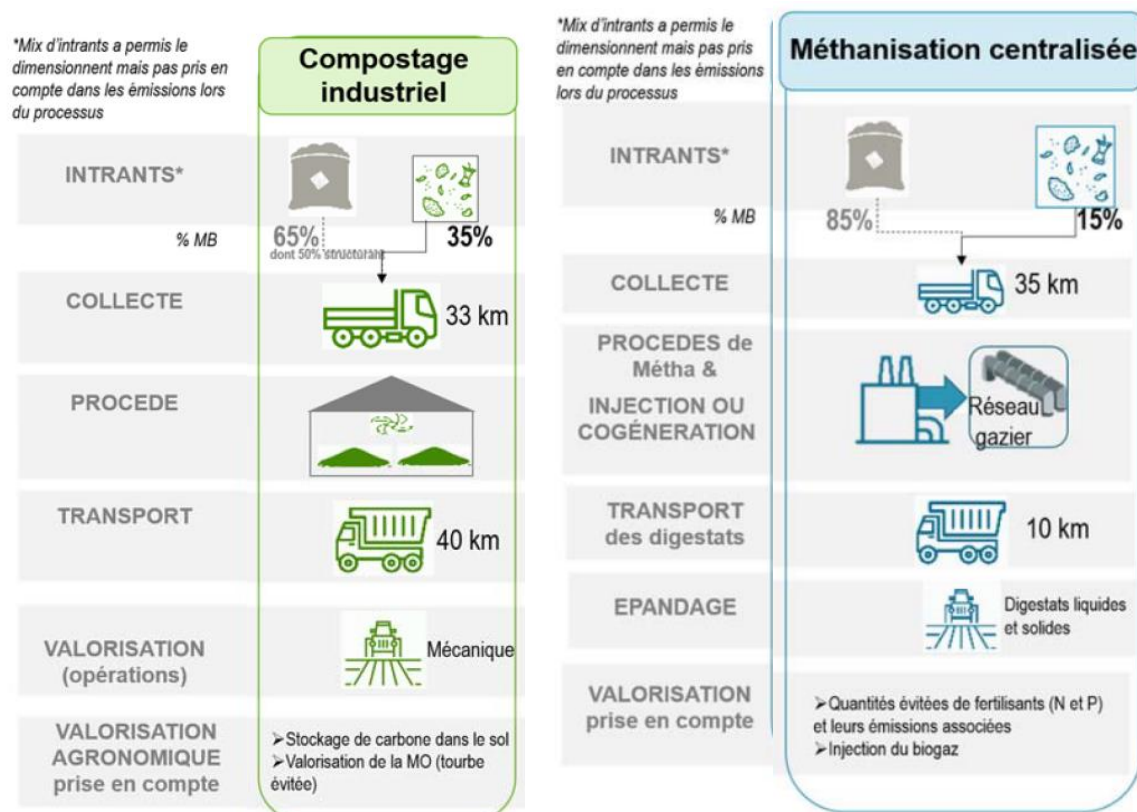


Figure 29 : Principales caractéristiques des filières de compostage et de méthanisation (ADEME, 2019).

En ce qui concerne les **impacts potentiels générés** par les différentes filières, l'étude ADEME a fait ressortir que la filière de compostage industriel était « significativement plus impactante sur une majorité des indicateurs ». Les filières de méthanisation quant à elles sont « les plus impactantes sur les

indicateurs changement climatique, l'acidification, et l'eutrophisation marine ». Dans le cas de mauvaises pratiques d'épandage et/ou des pertes de CH<sub>4</sub> mal maîtrisées lors du processus, la méthanisation devient aussi plus impactante que le compostage sur les indicateurs changement climatique, acidification et eutrophisation eau douce. Peu d'éléments sont disponibles à l'échelle des collectivités sur les pratiques d'épandage, mises en œuvre par les agriculteurs.

Les principaux contributeurs aux impacts de la filière compostage industriel et de méthanisation sont présentés dans le tableau ci-après.

**Tableau 25. Principaux contributeurs aux impacts environnementaux générés par le compostage industriel et la méthanisation (données ADEME, 2019).**

Compostage industriel	Méthanisation
Transport pour la collecte des biodéchets et pour l'acheminement des produits de valorisation posttraitement Energie consommée sur la plateforme Infrastructures Emissions lors de l'épandage (moins déterminant)	Energie requise pour le processus de méthanisation Emissions de CH <sub>4</sub> lors du processus de méthanisation (phases de stockage notamment) Epandage des digestats (émissions de NH <sub>3</sub> et lixiviation P)


En matière d'**impacts potentiellement évités**, la méthanisation est plus performante grâce notamment à la cogénération ou à l'injection de biométhane dans le réseau, mais également en raison des fertilisants azotés et phosphorés produits qui pour une même quantité possèdent des bénéfices environnementaux supérieurs en méthanisation qu'en compostage. Les impacts évités pour le compostage se résument au stockage de carbone dans le sol (bénéfique essentiellement pour l'indicateur du changement climatique). L'évitement de l'impact environnemental lié au retour au sol est conditionné par la qualité des sous-produits (compost et digestat) et donc des intrants (composition N/P/K). La certification des sous-produits, assez généralement utilisée, outre l'absence d'indésirables peut contribuer à cette qualité et par extension à la limitation de l'impact environnemental.

Le schéma ci-après confirme que la filière de méthanisation est plus émettrice de GES par rapport au compostage, mais qu'elle permet également des gains environnementaux supérieurs. Il met également en avant les leviers pour limiter les émissions de GES :

- Pour la méthanisation : elles peuvent être réduites si le stockage des matières sortantes est couvert avec récupération de biogaz (comme c'est le cas à Bristol), et par de bonnes pratiques d'épandage ;
- Pour le compostage : le choix d'une fermentation en casier avec le traitement de l'air permet de limiter les émissions lors de la fermentation aérobie. C'est le cas pour le retour d'expérience de Lorient.


	Étapes	Impacts	Méthanisation	Compostage	Incineration
Emissions des GES	Process	Émissions Méthane (CH <sub>4</sub> )	Fuites (process) Évent Épuration Épuration biogaz	Émissions lors de la fermentation	-
		Émissions Protoxyde d'azote (N <sub>2</sub> O)	-	Émissions lors de la fermentation aérobique pour du compostage en andains, nulles si fermentation en casier avec traitement de l'air	Émissions dans les fumées
		Émissions Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	-	-	Émissions dans les fumées
	Stockage des matières sortantes	Émissions CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub>	Oui mais nulles si stockage couvert avec récupération gaz	-	Stockage des mâchefers en ISDD
	Exutoire final	Émissions N <sub>2</sub> O à l'épandage	Comme tout engrais, fonction teneur en N	Comme tout engrais, fonction teneur en N	-
		Émissions NH <sub>3</sub> à l'épandage	Volatilisation lors de l'épandage mais pouvant être réduite dans le respect de bonnes pratiques d'épandage	-	-
Autres gaz à effet de serre (COV notamment)		-	-	Stockage des mâchefers en ISDD	
Gains environnementaux	Production d'énergie	Substitution énergie fossile	Valorisation biométhane	-	Récupération de l'énergie thermique, valorisation en cogénération
	Exutoire final	Stockage CO <sub>2</sub>	Retour au sol digestat	Retour au sol compost	-
		Substitution engrais minéraux	Azote (N), Phosphore (P) et Potassium (K)	P principalement	-

Importance de l'impact



Faible impact      Impact important

Importance du gain



Faible gain      Gain important

**Figure 30. Emissions produites et évitées au cours de la chaîne de valeur (GRDF, 2021).**

La collecte séparée des biodéchets et le transport des déchets jusqu'à l'installation de valorisation sont également des étapes qui peuvent avoir un impact sur l'environnement. Cet impact peut être limité par la mise en place d'une collecte multi-compartmentée (exemple de Bristol avec 10 flux séparés collectés avec un seul camion). L'emplacement stratégique de l'installation de traitement (à la fois peu éloigné de la ville et au plus près des filières de valorisation des sous-produits) peut contribuer à limiter cet impact environnemental. A Copenhague, le site de traitement est très éloigné du lieu de collecte, mais la ville compense en partie cette augmentation des transports en ayant fait le choix de passer à une collecte bi-compartmentée (OMR et biodéchets). En cas d'éloignement de l'exutoire, des solutions de massification via des quais de transfert peuvent être envisagées.

Enfin la valorisation du biogaz sous forme de biocarburant présente plusieurs avantages environnementaux par rapport à l'utilisation de carburant fossile :

- Élimination de la quasi-totalité des particules fines à l'échappement ;
- Réduction des émissions d'oxyde d'azote ;
- Réduction des émissions de GES ;
- Nuisances sonores et olfactives plus limitées.

« Par rapport aux autres énergies décarbonées (électricité, hydrogène), la mobilité bioGNV permet d'utiliser et de pérenniser des infrastructures existantes, de valoriser le potentiel de biomasse des territoires et de proposer des gammes de véhicules qui répondent aux besoins spécifiques des flottes des collectivités (puissance, autonomie, maintenance). » (GRDF, 2021).

## **6.8. Concertation et communication autour des projets de valorisation de la matière organique**

Enfin, bien que cela ne constitue pas un facteur de choix pour définir une stratégie de valorisation, la communication et les actions de concertation autour d'un projet de valorisation de la matière organique constituent un facteur clé de réussite du projet.

La concertation constitue en effet un axe majeur du développement d'un projet de valorisation. « La communication vers le public doit intervenir très tôt, être structurée et organisée, et se maintenir tout au long de la vie du projet. L'implication des élus et des citoyens est une étape à ne pas négliger. Les situations de blocage peuvent paralyser le développement des projets au même titre que des impairs financiers, administratifs ou techniques. » (AMORCE, 2021). La concertation intervient notamment autour des enjeux liés aux odeurs et à l'acceptation du projet par les habitants.

En France, l'ADEME a développé dans ce sens un outil territorial de concertation autour de la matière organique (démarche ConcertO) qui doit permettre de favoriser les échanges entre les nombreux acteurs afin d'aboutir à une réelle stratégie locale et pertinente pour les flux, dans une logique de filière (de la prévention au traitement).

A Uppsala, l'importance de la communication et de la concertation s'est également traduite dans le cadre de l'extension de l'unité de traitement (de 50 à 100 000 tonnes/an) qui a été permise en seulement 1 à 2 ans (malgré les nuisances potentielles), car les gestionnaires opèrent une bonne communication et le projet est bien accepté (concertation poussée avec plusieurs réunions publiques).

La qualité de la communication avec les usagers permet également d'améliorer le geste de tri et l'acceptabilité de certains projets :

- A Uppsala toujours, des analyses du compost sont publiées, ce qui contribue à renforcer la confiance des utilisateurs et riverains et sécurise ainsi les débouchés ;
- Une bonne communication et concertation peut également permettre de contourner le problème des odeurs (cas de Liège qui n'enregistre aucune plainte malgré la proximité des premières habitations).

Le besoin de communication peut par ailleurs orienter une stratégie : à Bristol et Uppsala, le mode de valorisation du biogaz en tant que biocarburant répond à besoin de communication (affichage sur les bus) et permet de favoriser l'acceptabilité et le tri en mettant en avant l'économie circulaire.

A l'inverse, un défaut de communication peut dérouter une stratégie initiale : à Genève, la ville déplore une mauvaise implication des agriculteurs en raison d'un défaut de concertation à l'origine du projet.

Dans tous les cas, la communication constitue un axe majeur du développement des projets et de nombreuses collectivités y mettent les moyens : à Bristol, d'importantes campagnes sont réalisées au sein des foyers et des écoles, à Genève la communication se base sur des études statistiques par tranche d'âge des « trieurs » pour cibler les messages, à Murcia, le travail de communication est également très poussé (QR codes sur bennes pour suivi des déchets, agents de terrain, etc.).

## Bilan et perspectives

Ce panorama des stratégies de valorisation des biodéchets urbains en Europe identifie les facteurs clés définissant les stratégies à l'échelle d'une collectivité.

Des solutions diverses sont observées, propres à chaque contexte territorial. La variabilité des stratégies concerne à la fois les consignes de tri données aux usagers (types de déchets acceptés et types de contenants), les déchets pris en charge sur l'unité de traitement (biodéchets des collectivités seules ou intrants complémentaires), les modalités de gestion du service (en interne par la collectivité ou prestation de service pour tout ou une partie des étapes), le dimensionnement de(s) unité(s) de traitement (une seule unité dédiées, plusieurs unités, unité territoriale...) et le type de procédé.

En termes de procédé, les retours d'expériences européens indiquent globalement que la méthanisation des déchets alimentaires est favorisée à cette échelle urbaine, en particulier ces dernières années, principalement en lien avec les incitations financières et les volontés politiques à différents échelons.

Le compostage reste également possible, mais nécessite des apports de structurants (déchets verts) et de mettre en œuvre un procédé comportant a minima une étape de fermentation en modules indépendants avec aération en ventilation forcée couverte voire désodorisée. Il présente l'avantage d'être simple, d'engendrer de faibles coûts et facile à appréhender (possibilité d'adapter une filière de compostage de déchets verts existante).

Concernant la méthanisation, différents choix de procédés existent, qui dépendent et/ou impactent les intrants et produits sortants. Leur sélection repose sur des critères à la fois techniques, organisationnels et socio-économiques.

Alors que l'étude a bien identifié les facteurs de réussite et points bloquants pour chaque retour d'expérience, correspondant chacun à une configuration particulière, des données économiques manquent pour évaluer la rentabilité et les performances des différentes filières. Ces données sont en effet soit jugées « sensibles », notamment dans le cadre de projets en développement, soit peu disponibles pour les collectivités sur l'ensemble de la filière, quand le traitement est en prestation. Par ailleurs, il est difficile d'obtenir des retours complets sur le bilan matière des unités, notamment sur les taux de refus des différents process.

Pour se positionner vis-à-vis d'une solution ou d'une autre, la réalisation d'une étude de faisabilité technico-économique doit permettre de bien appréhender les enjeux d'un territoire donné (techniques et installations disponibles sur le territoire, gisement, etc.). Une étude de marché permet quant à elle d'évaluer la rentabilité du projet et les débouchés pour les produits et sous-produits (compost, digestat, biogaz). Par ailleurs, les stratégies ne sont pas figées et leur évolution et adaptabilité dans le temps représentent un enjeu pour la pérennité et la performance d'une installation sur le long terme. En particulier, on peut observer une certaine montée en compétence des collectivités, qui apprennent des retours d'expérience internes ou externes et peuvent à terme s'approprier la gestion du traitement des biodéchets.

Finalement, chaque stratégie résulte des conditions locales (gisement, exutoires, vellétés politiques des acteurs, incitations politiques et financières, historique, etc.). Les retours d'expérience identifiés, sélectionnés en particulier pour être relativement anciens, ne présentent pas de cas de valorisation avec une approche territoriale. Cette approche semble toutefois particulièrement intéressante à promouvoir, de manière à positionner les biodéchets des collectivités dans une logique de cohérence territoriale d'offre et besoins autour des différents flux de matières organiques d'un territoire, et ainsi mutualiser des filières, installations et exutoires.

De manière générale, la réussite des projets est conditionnée à une bonne communication et concertation à différentes étapes :

- en amont du lancement d'une collecte de biodéchets, **concertation avec les acteurs en charge du traitement** afin de faire correspondre les outils de pré-collecte à mettre en place et les consignes et les process et équipements de l'unité de traitement ;
- au moment du choix du mode de valorisation, **dialogue avec les agriculteurs** pour évaluer leurs besoins, étudier les produits qu'ils privilégient et bâtir des partenariats qui permettent de sécuriser les débouchés et **concertation autour des intrants à l'échelle territoriale**, que ce soit pour le compostage des déchets alimentaires (qui nécessite du structurant) ou pour leur méthanisation (optimisation du potentiel méthanogène).
- **communication importante auprès des usagers** pour l'acceptabilité et la participation : vigilance sur la qualité du tri d'une part et sur la qualité des produits en sortie d'autre part, communication autour de la circularité des biogaz, compost et digestats produits pour favoriser la participation.

**Tableau 26. Bilan des principales caractéristiques des filières de compostage et de méthanisation.**

Thématique	Sous-thématique	Compostage	Méthanisation
Mode de gestion du service	Dichotomie Collecte et Traitement	Coordination entre les opérateurs essentielle pour garantir la qualité des produits sortants et assurer un approvisionnement suffisant.	Coordination entre les opérateurs essentielle pour garantir la qualité des produits sortants et assurer un approvisionnement suffisant. Question de la stabilité des approvisionnements plus critique pour la méthanisation.
	Gestion en régie Collecte et Traitement	Procédé relativement simple. Montée en compétence plus rapide.	Procédé plus complexe à appréhender. Nécessité de monter en compétence pour viser la viabilité économique.
	Externalisation Collecte et Traitement	Nécessité de rester vigilant car les erreurs de tri ont des conséquences sur les coûts refacturés à la collectivité et sur les performances de tri et de valorisation.	
Procédé	Hygiénisation	Étape spécifique non nécessaire, car procédé hygiénisant.	Nécessaire, sauf si étape de compostage du digestat en aval.
	Type de procédé	Étape de fermentation en modules indépendants avec aération en ventilation forcée couverte voire désodorisée	Différents procédés possibles (voie sèche, humide ; en 1 ou plusieurs étapes, thermophile / mésophile), selon les intrants réceptionnés et les modalités de valorisation envisagées : <ul style="list-style-type: none"> <li>- La voie sèche Piston peut être adaptée pour un déchet solide tels que les déchets alimentaires, toutefois l'agitation gaz ne fonctionne pas pour les déchets alimentaires (REX de Genève). L'agitation mécanique est possible mais être il convient d'être vigilant sur dimensionnement et la maintenance des agitateurs.</li> <li>- La voie humide nécessite un ajout important d'eau / de liquide en amont du process, dans le cas de la digestion de déchets alimentaires seuls notamment.</li> <li>- Concernant le régime de température : la voie thermophile présente une cinétique de réaction plus rapide, ce qui permet de dimensionner des réacteurs plus compacts. Toutefois, la biologie peut être plus instable.</li> <li>- Un exemple de méthanisation en 2 étapes a été identifié (Bristol), avec une 1<sup>ère</sup> phase, qui peut être intéressante pour la méthanisation de DA seuls, pour limiter l'acidogenèse.</li> </ul>
Valorisation des sortants	Co-produits	Compost	Digestat (solide/liquide), digestat composté, énergie (biométhane en injection réseau, bioGNV, électricité, chaleur)
	Valorisation matière	Azote assimilable à long terme. Engrais principalement phosphoré. Valeur amendante.	Le compostage du digestat peut imposer des étapes de séchage ou d'ajout de structurant. Azote assimilable rapidement et apport de phosphore et de potassium plus importante. Valeur amendante et fertilisante.
	Exutoires	Sortie du statut de déchet si compost normé. Atout de disposer d'une certification pour la valorisation économique.	Plan d'épandage nécessaire, sauf si normalisation du compost. Atout de disposer d'une certification pour la valorisation économique.

Thématique	Sous-thématique	Compostage	Méthanisation		
	<b>Valorisation énergétique</b>	Aucune	La réinjection du biogaz peut engendrer des coûts de raccordements, mais dispose de mécanismes incitatifs. Rendement de 95 %. Mode de valorisation intéressant au-delà d'un certain tonnage intrant.	Cogénération, technologie répandue dans les installations les plus anciennes. Rendement de 35 % à 65 % selon la valorisation de la chaleur	Le biocarburant est un substitut aux carburants fossiles. Il a un rendement plus important que la cogénération et plus faible que la réinjection. Peut s'intégrer dans les infrastructures existantes.
<b>Dimensionnement</b>	<b>Seuil minimal</b>	1000 tonnes pour la rentabilité de l'installation de ventilation couverte. Souplesse de l'installation si problème d'approvisionnement. Nécessité d'anticiper les tonnages attendus dans le temps pour (extension à une autre collectivité ou à d'autres intrants, palliatif en cas de panne, etc.) sans surdimensionner.	Projets viables à partir de 10 à 15 000 tonnes. Très important de garantir l'approvisionnement.		
	<b>Contraintes d'implantation</b>	Question des nuisances olfactives en lien avec la proximité du voisinage. Transport à limiter. Surface conséquente.	Question des nuisances olfactives en lien avec la proximité du voisinage, sur les étapes de stockage des intrants et digestats. Transport à limiter. Surface plus réduite Réseau si réinjection du biogaz		
<b>Déchets réceptionnés</b>	<b>Contraintes qualitatives</b>	Teneur en matière sèche importante. La qualité du tri est essentielle pour limiter les indésirables.	Une attention particulière doit être portée au pouvoir méthanogène. La qualité du tri est essentielle pour limiter les indésirables.		
	<b>Mélange</b>	Structurants (déchets verts) obligatoires mais dont le gisement est potentiellement moins conséquent en milieu urbain.	Possibilité de mélanges d'intrants pour optimiser le pouvoir méthanogène. Déchets verts si compostage des digestats.		
	<b>Sacs</b>	La qualité des sacs acceptés (plastique, plastique compostable, papier) a une influence sur le procédé (étapes de tri, de déconditionnement, broyage) et sur la qualité des produits fertilisants en sortie. Bonne dégradation des sacs compostables en compostage, si procédé performant ; dégradabilité moindre en méthanisation.			
	<b>Impacts générés</b>	Impacts importants principalement liés au transport, à l'énergie consommée, à l'infrastructure et aux émissions lors de l'épandage. Possibilité de réduire les émissions de GES avec une fermentation en casier et traitement de l'air, qui permet de limiter les émissions lors de la fermentation aérobie.	Impacts très importants principalement liés au transport, aux infrastructures et aux émissions lors de l'épandage.  Possibilité de réduire les émissions de GES si le stockage des matières sortantes est couvert avec récupération de biogaz et par de bonnes pratiques d'épandage.		

Thématique	Sous-thématique	Compostage	Méthanisation
	<b>Impacts évités</b>	Essentiellement liés au stockage de carbone dans le sol.	Méthanisation plus performante pour plusieurs raisons : génération d'énergie et engrais ayant des meilleurs bénéfices environnementaux. La valorisation sous forme de bioGNV permet de limiter les émissions de GES par rapport à l'utilisation de carburant fossile.
<b>Concertation Communication</b>		Vente ou distribution gratuite de compost constitue un argument de communication pour améliorer le geste de tri.	La distribution de biogaz, d'électricité ou de bioGNV constitue un argument de communication pour améliorer le geste de tri.
<b>Aspects économiques</b>	<b>Investissement</b>	Relativement faible car technologie simple	Investissement plus élevé
	<b>Coût de fonctionnement</b>	Relativement faible car technologie simple	Plus élevé. Possibilité de limiter le coût énergétique en réutilisant sur site le biogaz produit.
	<b>Recettes issues de la valorisation</b>	Assez faibles : vente du compost à prix modique	Diversité des voies de valorisation du biogaz permettant de multiplier les sources de revenus dont certaines plus rentables (réinjection).
<b>Incitations politiques</b>		Retour au sol	Question du mix énergétique qui favorise la méthanisation en général et la réinjection au réseau en particulier Retour au sol

## Références

- ADEME (2011) Qualité agronomique et sanitaire des digestats, 8p.
- ADEME (2013) État de l'art de la collecte séparée et de la gestion de proximité des biodéchets.
- ADEME (2015) Le compostage, 20p.
- ADEME (2015) Méthanisation, 19p.
- ADEME (2017) Etude technico-économique de la collecte séparée des biodéchets, 117p.
- ADEME (2018) Collectivités, comment réussir la mise en œuvre du tri à la source des biodéchets ? Clés de lecture et recommandations de l'ADEME.
- ADEME (2018) Guide d'accession à l'agrément sanitaire pour les traiteurs de sous-produits animaux carnés.
- ADEME (2019) Réaliser une unité de méthanisation à la ferme, 40p.
- ADEME (2019) Impacts environnementaux de filières de traitements biologiques des déchets alimentaires : compostages et méthanisations – Synthèse, 16 p.
- ADEME (2020a) Gestion domestique des déchets organiques – Synthèse des résultats, 13p.
- ADEME (2020b) MODECOM™ 2017 – Campagne nationale de caractérisation des DMA, Editions Faits et Chiffres, 62p.
- ADEME (2020c) Revue des normes sur la biodégradabilité des plastiques, 111 p.
- ADEME (2021) Les solutions de déconditionnement des biodéchets emballés et leurs performances, 58 p.
- ADEME (2021b). Etude comparative des pratiques de collecte séparée des biodéchets en milieu urbain : retours d'expériences Europe et Monde 57 pages.
- Agencia de Residus de Catalunya (2019) Datos de residuos en Cataluna, 45p.
- ALADIN (2022) : A propos de la nouvelle réglementation européenne sur les fertilisants, <https://www.aladin.farm/article/a-propos-de-la-nouvelle-reglementation-europeenne-sur-les-fertilisants>
- Akhiar Afifi (2017) Characterization of liquid fraction of digestates after solid-liquid separation from anaerobic co-digestion plants, 240p.
- AMORCE – Groupe échange sur les biodéchets du 7 novembre 2019, Présentation de SAGE, Traitements biologiques des biodéchets
- AMORCE – ADEME (2022) L'élu, la méthanisation et le biogaz, 80 p.
- Association technique, énergie, environnement (ATEE) Groupe de travail GT sous-produits animaux (SPAN), disponible sur : <https://atee.fr/groupe-de-travail/gt-sous-produits-animaux-span>.
- ATEE – Le Club Biogaz (2014). Guide de bonnes pratiques pour les projets de méthanisation. In : Livre Blanc du biogaz : le biogaz, une énergie renouvelable multiforme, stratégique dans la transition, Rapport, 70 p.
- ATEE – Le Club Biogaz (2015). Les rôles des collectivités et structures publiques dans le développement du biogaz, 16èmes assises de l'énergie des collectivités territoriales, 27 janvier 2015, <http://www.assises-energie.net/>.
- ATEE- Le Club Biogaz (2019), Epanchage des digestats en agriculture biologique, Mars 2019, [https://atee.fr/system/files/2019-12/2019%2003\\_biogaz\\_veille\\_fiche\\_epandage\\_digestats\\_agri\\_bio.pdf](https://atee.fr/system/files/2019-12/2019%2003_biogaz_veille_fiche_epandage_digestats_agri_bio.pdf)
- ATEE – Le Club Biogaz (2021) Règlement Fertilisants 2019/1009 : où en est-on et quelles perspectives pour les digestats ? <https://atee.fr/evenement/reglement-fertilisants-20191009-ou-en-est-on-et-queelles-perspectives-pour-les-digestats>
- Avfall Sverige (2017) ECN Country Report Sweden 2015, 4p.
- BiPRO et CRI (2015) Assessment of separate collection schemes in the 28 capitals of the EU, 216p.
- Bourdin S. (2019) Le NIMBY ne suffit plus ! Etude de l'acceptabilité sociale des projets de méthanisation.

Buffiere P., Carrere M., Lemaire O. et Vasquez J. (2007) Guide méthodologique pour l'exploitation d'unités de méthanisation de déchets solides, 40p.

Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BGK) (2017) ECN Country Report 2017 Germany, 6p.

CEREMA (2018) Développer l'offre de chaleur issue de la méthanisation – barrières et leviers pour une meilleure valorisation, 62p.

Chambre d'agriculture Occitanie (2019) Guide du compostage à la ferme, 80p.

Compost Plus (2018) La collecte séparée des biodéchets, une solution d'avenir, guide pratique à destination des collectivités, 98p.

Condamine P. (2020) Italy's law for donation and distribution of food and pharmaceuticals to limit food waste, 3p.

Czajczyńska D., Nannou T., Aguilano L., Krzyżyńska R., Ghazal H., Spencer N., Jouhara H. (2017) Potentials of pyrolysis processes in the waste management sector, 8p.

Deniel M. (2016) Etude de la production de bio-huile par liquéfaction hydrothermale de résidus agroalimentaires et de leurs molécules modèles, 313p.

Deublin D., Steinhäuser A. (2012) Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction 2nd Edition, Kindle Edition, 719p.

Department for Environment, Food and Rural Affairs (2018) Digest of Waste and Resource Statistics-2018 Edition, 102p.

ECN (2020) Bio-waste in Europe : turning challenges into opportunities – online meeting.

Elander M., Sternmarck A. et Ostergren K. (2016) Country report on national food waste policy, 20p.

European Environment Agency (2013) Municipal waste management in Spain, 15p.

European Environment Agency (2020) Bio-waste in Europe — turning challenges into opportunities, EEA report N°04/2020, 56p.

Favoino E. et Giavini M., Scuola Agraria del Parco di Monza (2020) Bio-waste generation in the EU : Current capture levels and future potential, 50p.

Federation Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (2018) Waste Management in Germany 2018, 44p.

FEDEREC (2021), Position FEDEREC sur les plastiques « biodégradables », 5p.

FNADE (2020), Position de la FNADE sur les Plastiques biosourcés et/ou biodégradables : Quelle place dans la valorisation organique, matière et/ou énergétique ? 9p.

FNE (2015) Positionnement de FNE sur la méthanisation : Quels enjeux et quel développement souhaitable ? 14p.

Fusions, Summary of policies and legislation for food waste prevention and reduction, disponible sur : <https://www.eu-fusions.org/index.php/country-reports/reports/300-spain>

GABRIEL, Andréa-Wiktor (2021) Le pluralisme des voies d'écologisation de la gestion des biomasses résiduelles en agriculture : analyse à partir des réseaux métaboliques et étude de cas dans la vallée de la Drôme, Thèse de doctorat. Université Paris-Saclay.

Gilbert J. (2017) ECN Country Report UK, 6p.

GRDF (2021) Découvrir les unités d'injection, disponible sur : <https://www.grdf.fr/institutionnel/actualite/dossiers/biomethane-biogaz/unites-injection-gaz-vert>

GRDF (2021) Biodéchets : du tri à la source jusqu'à la méthanisation, 39 p.

Pascal Grouiez (2021) Une analyse de filière des dynamiques de revenus de la méthanisation agricole. Notes et Etudes Socio-Economiques, Ministère de l'agriculture et de la pêche, Service de la statistique et de la prospective, Sous-direction de la prospective et de l'évaluation, pp.41-61.

HM Government (2018) Our waste our resources : a strategy for England, 146p.

IFP énergies nouvelles (2018) Biogaz et biométhane : transformer nos déchets en énergie, disponible sur : <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/energies-renouvelables/biogaz-et-biomethane-transformer-nos-dechets-en-energie>

Italian Composting and Biogas Association (CIC) (2020) ECN Country Report Italy 2020, 4p

Hélène Paillat Jarousseau, Sabine Houot, Jean-Marie Paillat, Hervé Saint Macary (2016) Le recyclage des résidus organiques. Regards sur une pratique agro-écologique. France. Editions QUAE, pp.276, 978-2-7592-2562-0.

JONCOUX, Steve (2013) Les " produits résiduaux organiques " pour une intensification écologique de l'agriculture: ressources, déchets ou produits?: sociologie des formats de valorisation agricole. Thèse de doctorat. Université Toulouse le Mirail-Toulouse II

Kehres B. (2017) Problem Fremdstoffe/Kunststoffe in Bioabfall und Kompost, 16p.

Leifert Irmgard (2017) Compost Certification and use for organic farming, présentation, [https://phosphorusplatform.eu/images/download/Meeting-organic/11-Leifert-ECN-ESPP-IFOAM-12\\_12\\_17.pdf](https://phosphorusplatform.eu/images/download/Meeting-organic/11-Leifert-ECN-ESPP-IFOAM-12_12_17.pdf)

Lemonde M. (2020) La microméthanisation à la ferme et à la ville : quel avenir ?, disponible sur : <https://www.biogasworld.com/fr/news/la-micro-methanisation-la-ville-et-la-ferme-quel-avenir/>

Florent Levavasseur, Sabine Houot (2020) Retour au sol des digestats de méthanisation. Journée Méthanisation be Api, Le Mesnil-en-Ouche, France.

Li, L., Geng, S., Li, Z., Song, K. 2020. Effect of microplastic on anaerobic digestion of wasted activated sludge. *Chemosphere*, 247 p.

Passion céréales, La filière bioéthanol en chiffres, disponible sur : <https://www.passioncereales.fr/dossier-thematique/la-filiere-bioethanol-en-chiffres>

Rapport d'information au Sénat au nom de la mission d'information sur la méthanisation dans le mix énergétique : enjeux et impacts, par Daniel Salmon, 2021, <http://www.senat.fr/rap/r20-872/r20-8721.pdf>.

RECORD (2015) Production d'hydrogène à partir de déchets. Etat de l'art et potentiel d'émergence, 226p.

RECORD (2015b) Déchets et économie circulaire, Conditions d'intégrations pour une valorisation en filières industrielles, Lavoisier Tech&Doc335p.

RECORD (2022) Stockage et prétraitements des intrants avant alimentation de digesteurs de méthanisation - état des connaissances et recommandations, version provisoire, 122 p.

Benoît Rouillé, Charles Teinturier, Rim Chaabouni, Solveig Eudier, Maxime Lucas, et al.. (2015) Les coproduits en méthanisation : quel intérêt et quelle compétition avec l'alimentation animale ? : Étude bibliographique – Résultats d'enquête. 39 p.

SAGE – AMORCE (2019) Présentation sur les Traitements biologiques des biodéchets, 36 p.

Sophie Sadet-Bourgeteau, Pierre-Alain Maron, Lionel Ranjard (2020) Que sait-on vraiment de l' impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique des sols agricoles ? *Agronomie, Environnement et Sociétés*, 10, pp.1-4.

Saveyn H. et Eder P. (2014) End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate) : Technical proposals, 312p.

Schmidt T., Schneider F. et Claupein E. (2019) Food waste in private households in Germany – Analysis of findings of a representative survey conducted by GfK SE in 2016/2017, 53p.

SOLAGRO, Note d'information sur "La méthanisation dans le mix énergétique : enjeux, impacts et propositions (2021) [https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/f108\\_2021\\_06\\_note\\_la-methanisation-dans-le-mix-energetique\\_solagro\\_negawatt.pdf](https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/f108_2021_06_note_la-methanisation-dans-le-mix-energetique_solagro_negawatt.pdf)

Strazzer G., Battista F., Herrero Garcia N., Frison N., Bolzonella (2018) Volatile fatty acids production from food wastes for biorefinery platforms : A review, 11p.

ST1 (2018) Creating New Business from Waste-Based Advanced ethanol, 15p.

Van der Zee M. et Molenveld K. (2020) The fate of (compostable) plastic products in a full scale industrial organic waste treatment facility, 104p.

# Annexes

## Annexe 1 : Normes et labels des composts et digestats

Tableau comparatif des normes et labels

	NF U44-051	NF U44-551	NF U44-095	ECOLABEL	ASQA	AB
<b>CARACTERISATION AGRONOMIQUE</b>						
Matière sèche (MS)	> 30 % MB			≥ 25% MB	≥ 50% MB	
Matière organique (MO)	≥ 20 % MB			≥ 20 % MB	≥ 20 % MB	
Azote total	< 3 % MB	< 2,5 % MS	< 3% MB	< 3 % MB		
Azote organique total	> 66 % MB			≥ 80 % N total		
Rapport C/N	> 8					
Phosphore total	< 3% MB	< 2% MS	< 3% MB			
Potassium total	< 3% MB	< 2,5% MS	< 3% MB			
Azote + Phosphore + Potassium	< 7 % MB	< 5% MS	< 7% MB			
<b>E.T.M (mg/kg de MS)</b>						
Cuivre	< 300	< 100	< 300	< 100	< 100	< 70
Zinc	< 600	< 300	< 600	< 300	< 300	< 200
Arsenic	< 18		< 18	< 10	< 18	
Cadmium	< 3	< 2	< 3	< 1	< 1	< 0.7
Chrome	< 120	< 150	< 120	< 100	< 100	< 70
Chrome VI						< 0
Mercure	< 2	< 1	< 2	< 1	< 1	< 0,4
Nickel	< 60	< 50	< 60	< 50	< 50	< 25
Plomb	< 180	< 100	< 180	< 100	< 100	< 45
Sélénium	< 12		< 12	< 1,5	< 12	
<b>INERTES</b>						
Films + PSE > 5 mm	< 0,3 % MS		< 0,3 % MS	< 0,5 % MS		
Plastiques durs > 5 mm	< 0,8 % MS		< 0,8 % MS	< 0,5 % MS		
Plastique + Verres + métaux > 2 mm	< 2 % MS		< 2 % MS	< 0,5 % MS	< 0,5 % MS	
<b>COMPOSES TRACES ORGANIQUES (mg/kg de MS)</b>						
Fluoranthène	< 4		< 4		< 4	
Benzo(b)fluoranthène	< 2,5		< 2,5		< 2,5	
Benzo(a)pyrène	< 1,5		< 1,5		< 1,5	
HAP 16				< 6		
<b>AGENTS PATHOGENES</b>						
Entérocoques	< 10 000 / g MB	< 100 000 / g MB	< 100 000 / g MB			
Escherichia coli	< 100 / g MB	< 10 000 / g MB	< 1 000 / g MB	< 1000 UFC / g		
Listeria		Abs dans 1 g MB	Abs dans 1 g MB		Abs dans 25 g	
Salmonella	Abs dans 1 g MB	Abs dans 1 g MB	Abs dans 1 g MB	Abs dans 25 g	Abs dans 25 g	
Œufs d'helminthes	Abs dans 1,5 g MB	Abs dans 1 g MB	Abs dans 1 g MB	Abs dans 1,5 g	Abs dans 1,5 g	
Graines viables (Adventices)				< 2 u / L	< 2	

## Normes

### ➤ **Norme NF U44-051 : Amendements organiques (avec ou sans engrais)**

La norme définit des amendements organiques comme des « matières fertilisantes composées principalement de combinaisons carbonées d'origine végétale, ou animale et végétale en mélange, destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de matière organique du sol et à l'amélioration de ses propriétés physiques et/ou chimiques et/ou biologiques ».

La norme NF U44-051 n'est pas applicable aux matières fertilisantes organiques qui contiennent au moins 3 % par rapport à la matière brute en azote (N), anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ou oxyde de potassium (K<sub>2</sub>O). Celles-ci sont alors considérées comme des engrais. Ce critère doit également être respecté par les amendements organiques additionnés d'engrais. La somme des éléments azote (N), anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) et oxyde de potassium (K<sub>2</sub>O) ne doit pas excéder 7 % de la matière brute afin d'être considéré comme amendements organiques. Pour les amendements organiques sans engrais, le rapport C/N doit être supérieur à 8 et la somme des formes nitrique, ammoniacale et uréique de l'azote ne doit pas dépasser 33 % de l'azote total.

La norme NF U44-051 n'est ni applicable aux supports de culture ni aux composts répondant à la norme NF U44-095.

### ➤ **Norme NF U44-551 : Supports de culture (avec ou sans engrais)**

La norme définit des supports de culture comme des « produits destinés à servir de milieu de culture à certains végétaux. Leur mise en œuvre aboutit à la formation de milieux possédant une porosité en air et en eau telle qu'ils sont capables à la fois d'ancrer les organes absorbants des plantes et de leur permettre d'être en contact avec les solutions nécessaires à leur croissance ».

Les supports de culture avec engrais respectant la norme NF U44-551 sont des produits dont la teneur en azote (N), en anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) et en oxyde de potassium (K<sub>2</sub>O) doit être respectivement inférieure à 2,5 %, 2 % et 2,5 % par rapport à la masse de produit sec. La somme des éléments azote (N), anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) et oxyde de potassium (K<sub>2</sub>O) ne doit pas excéder 5 % de la masse de produit sec afin d'être considéré comme supports de culture.

Les boues d'épuration et les produits qui en sont issus ne peuvent pas être utilisés dans la fabrication des supports de culture de la norme NF U44-551.

### ➤ **Norme NF U44-095 : Amendements organiques, Composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement des eaux (avec ou sans engrais)**

La norme définit des matières d'intérêt agronomique issues du traitement des eaux (M.I.A.T.E) comme des « matières issues d'un procédé de traitement physique, chimique ou biologique des eaux et toutes matières qui en contiennent (autres que les composts objet de la présente norme), qui présentent, du fait de leurs caractéristiques, un intérêt pour la fertilisation des cultures ou l'entretien ou l'amélioration des sols agricoles ». Dans le cadre de la norme NF U44-095, ne peuvent être considérées comme des M.I.A.T.E « les graisses, les sables, les produits de curage de réseau et les refus de dégrillage issus du système d'assainissement collectif et non collectif domestique ».

La norme NF U44-095 s'applique aux produits contenant des matières issues du traitement physique, chimique ou biologique des eaux et aux mélanges de ces matières avec un ou plusieurs engrais. Les teneurs en azote (N), anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), oxyde de potassium (K<sub>2</sub>O) des produits ne doivent pas dépasser 3 % de la matière brute et leur somme 7 % de la matière brute.

## Labels

### ➤ **Écolabel européen : milieux de culture, amendements pour sols et paillis**

Cet Écolabel européen inclut :

Les milieux de culture : substrats dans lesquels des plantes sont cultivées ;

Les amendements organiques pour sols : matières ajoutées au sol in situ afin d'en maintenir ou d'en améliorer les propriétés ;

Les paillis organiques : type d'amendement placé autour des plantes et utilisé en tant que revêtement de protection afin de maintenir l'humidité, d'empêcher la croissance des mauvaises herbes et de réduire l'érosion du sol.

L'Écolabel européen permet de distinguer les produits (ici les milieux de culture, amendements pour sols et paillis) présentant des impacts moindres sur l'environnement tout en garantissant des performances identiques aux produits analogues.

L'Écolabel européen est le seul logo écologique officiel utilisable dans l'ensemble des pays membres de l'Union Européenne. Il présente la particularité de tenir compte des impacts environnementaux tout au long du cycle de vie des produits (depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie, en passant également par les phases de fabrication et d'utilisation des produits).

En France, le déploiement et la délivrance de l'Écolabel européen a été respectivement confié à l'ADEME et à AFNOR Certification.

Les amendements pour sols et paillis porteurs de l'Écolabel européen permettent de réduire la pollution des sols et des eaux en limitant par exemple la concentration en métaux lourds dans ces milieux.

### ➤ **Label ASQA**

Le label ASQA fixe un certain niveau d'exigences pour le développement d'une filière pérenne de valorisation de la matière organique. Il vise à promouvoir les bonnes pratiques de compostage et d'impulser la mise en œuvre d'une démarche qualité visant l'amélioration continue des pratiques.

Les principaux objectifs du label sont :

La production d'un compost de qualité grâce au contrôle systématique des entrants, à la traçabilité et au suivi des matières, à la maîtrise du procédé de compostage et enfin à l'analyse des produits ;

La satisfaction des utilisateurs ;

La réduction des nuisances au niveau de la plateforme, notamment afin d'en améliorer l'image.

Les exigences du label ASQA portent donc à la fois sur le produit, sur le processus de compostage mais également sur le management de la Qualité et de l'Environnement. Toutes ces exigences sont basées sur des normes, des référentiels existants, le savoir-faire réuni par les exploitants ainsi que sur la réglementation en vigueur au niveau national et européen. Le label ASQA a été construit en se basant sur la réglementation, notamment :

Le code rural : normes NF U44-051, règles de mise sur le marché

Le code de l'environnement : règles ICPE

Les règlements et directives européennes : règlement des sous-produits animaux, directive relative aux émissions industrielles (IED)

Le contrôle des installations par un organisme de contrôle indépendant apporte la garantie du respect des exigences du label ASQA. L'attestation de conformité permet à l'utilisateur d'avoir la garantie de la qualité des produits de l'installation et des pratiques mises en œuvre.

## **Annexe 2 : Fiches phase 2 (52 pages)**



### Contexte de la gestion des biodéchets

En Belgique, la réglementation sur les déchets est gérée au niveau des régions. L'agence publique des déchets de Flandre (OVAM) a instauré l'interdiction de mise en décharge et incinération des déchets ménagers à partir de 1997. Elle a également publié un plan de mise en œuvre des déchets ménagers et des déchets industriels en 2017, qui vise notamment à optimiser la collecte des déchets alimentaires et de jardin dans les communes les collectant séparément. Le plan prévoit également d'étendre la collecte des biodéchets aux sous-produits animaux afin de rendre le message de tri plus clair aux usagers. La collecte séparée des biodéchets est obligatoire depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2021 pour les supermarchés ayant une surface de vente de plus de 400 m<sup>2</sup>; pour toutes les entreprises de restauration; pour les restaurants, brasseries, hôtels, salles de banquet, salles polyvalentes écoles et centres d'hébergement et de soins suivant le nombre de personnes qu'ils accueillent et le nombre de repas servis. Cette obligation s'appliquera à toutes les entreprises à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2024.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets d'Anvers est gérée par l'association intercommunale IGEAN environnement & sécurité qui regroupe 28 communes (1 030 429 habitants). La collecte est réalisée en porte-à-porte en C0,5 auprès des ménages et entreprises (hors entreprises situées dans le port et dans un parc d'activités). Les biodéchets peuvent également être déposés en point apport volontaire.

La collecte des biodéchets est effectuée en sac ou en bac. Seuls les sacs vendus par la ville sont autorisés. Ils sont vendus dans les magasins et supermarchés par rouleau de 10 sacs. Les sacs de 15 L sont vendus à 0,2 € l'unité et à 0,4€ l'unité pour les sacs de 50L.

### Déchets acceptés



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation : deux sites
- Tambours d'homogénéisation séparant les indésirables



#### Année de démarrage :

1990 (1<sup>ère</sup> installation)  
Fin des années 90 (2<sup>ème</sup> installation)



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 65 000 t/an<sup>1</sup>
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires et déchets de jardin collectés auprès des ménages et de certaines entreprises

↓ Biogaz



Electricité majoritairement utilisée sur site pour faire fonctionner l'installation



Electricité produite restante injectée sur le réseau. Les quatre moteurs au biogaz fournissent de l'électricité à environ 3 200 familles.



Localisation : Brecht (25 km d'Anvers)



#### Maitre d'ouvrage et exploitant :

Public Construction et gestion par IGEAN environnement & sécurité



Unité de méthanisation

↓ Digestat



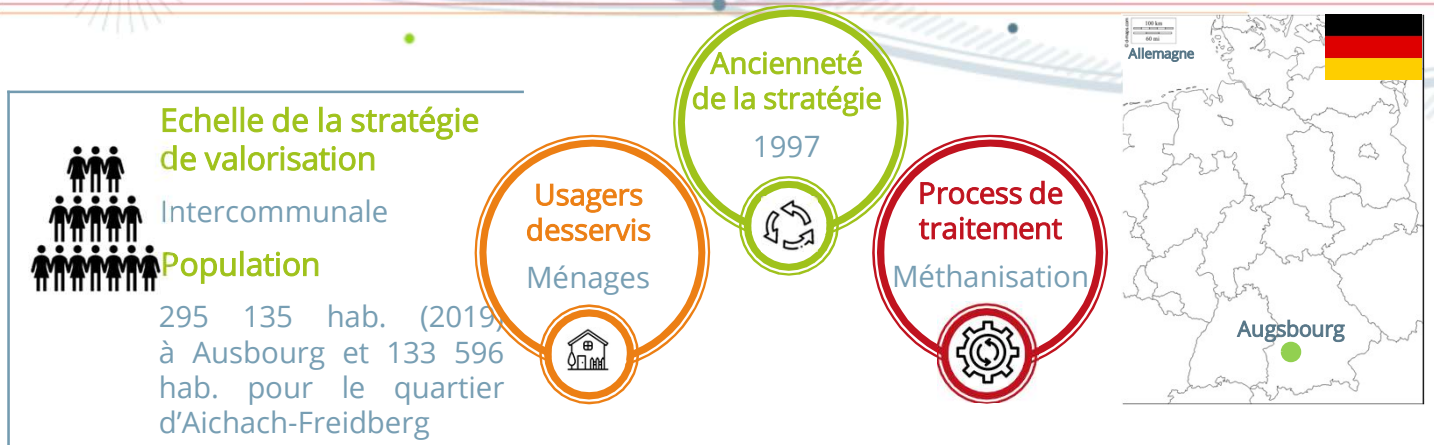
Digestat mélangé à un agent de déshydratation puis pressé pour le sécher. L'amendement obtenu est tamisé puis subit une post-maturation d'environ 14 jours. Il est ensuite vendu en vrac auprès des agriculteurs et pépiniéristes. Les particuliers peuvent acheter le mix IGEAN qui se compose de 50 % de compost issus du digestat des biodéchets et 50 % de compost issus des déchets verts.

### Éléments marquants

- Long retour d'expérience

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Impact des sacs plastiques de collecte sur le process
- Process de méthanisation
- Valorisation du digestat



## Contexte de la gestion des biodéchets

La loi sur la gestion des déchets allemande (KrWG) revue en 2012 oblige les producteurs de déchets et les autorités chargées de la gestion des déchets à collecter séparément les biodéchets depuis janvier 2015. Cette loi est concrétisée dans l'ordonnance sur les biodéchets (BioAbfV).

Outre la collecte séparée des biodéchets mise en place depuis 1997, Augsburg subventionne l'achat de composteurs pour ses habitants.

## Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets d'Augsbourg est effectuée par l'entreprise de gestion des déchets et de nettoyage de la ville (AWS). La collecte est effectuée en porte-à-porte en C0,5.

Chaque ménage doit posséder un bac pour la collecte des biodéchets, à l'exception des ménages réalisant le compostage à domicile ou qui partagent leur bac avec leurs voisins directs. Le bac est fourni gratuitement et le service de collecte est compris dans la redevance forfaitaire couvrant les frais de collecte des bacs des différents flux.

Les sacs en plastique et les sacs compostables sont interdits afin d'éviter les interférences lors du processus de valorisation. Les déchets humides peuvent être emballés dans du papier ou des serviettes en papier.

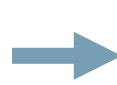
### Déchets acceptés



Déchets alimentaires  
(hors déchets carnés)



Déchets verts



Utilisation interdite des sacs,  
possibilité d'envelopper les  
déchets humide dans du papier

### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation
- Trois digesteurs en voie sèche continue de 1 600 m<sup>3</sup> chacun
- Temps de séjour des biodéchets : environ 20 jours à 54 °C



Année de démarrage : Décembre 2013



Coût d'investissement : 17,2 M€



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 105 000 t/an<sup>1</sup>
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires et déchets verts collectés auprès des ménages d'Augsbourg, de son arrondissement et de l'arrondissement d'Aichach-Friedberg

↓ Biogaz  
35 000 000 kWh/an<sup>2</sup>

↓ Digestat  
14 000 t/an<sup>2</sup>



Biogaz valorisé en biométhane puis injecté dans le réseau de gaz naturel, principalement utilisé pour le transport.



Digestat séparé en une fraction liquide et solide.

Digestat liquide stocké temporairement avant d'être utilisé comme engrais en agriculture.



Digestat solide composté puis criblé à une granulométrie de 10 mm afin d'être commercialisé en amendement de haute qualité. Ce dernier est soumis à une assurance qualité RAL par l'association fédérale allemande du compost.



Localisation : Augsburg



#### Maitre d'ouvrage et exploitant :

Public Entreprise AVA : entreprise devenue société municipale (KU) début 2019. Le garant de la KU est l'association d'élimination des déchets d'Augsbourg (AZV), dont les membres sont la ville d'Augsbourg et les districts d'Augsbourg et d'Aichach-Friedberg.



Digester de l'unité de méthanisation

### Éléments marquants

- Proximité de l'unité de valorisation énergétique des OMR : elle fournit la totalité des besoins en énergie du méthaniseur et permet de traiter les flux d'air à forte odeur du méthaniseur

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Articulation entre les différents acteurs
- Proportion de déchets verts acceptés dans la collecte



### Contexte de la gestion des biodéchets

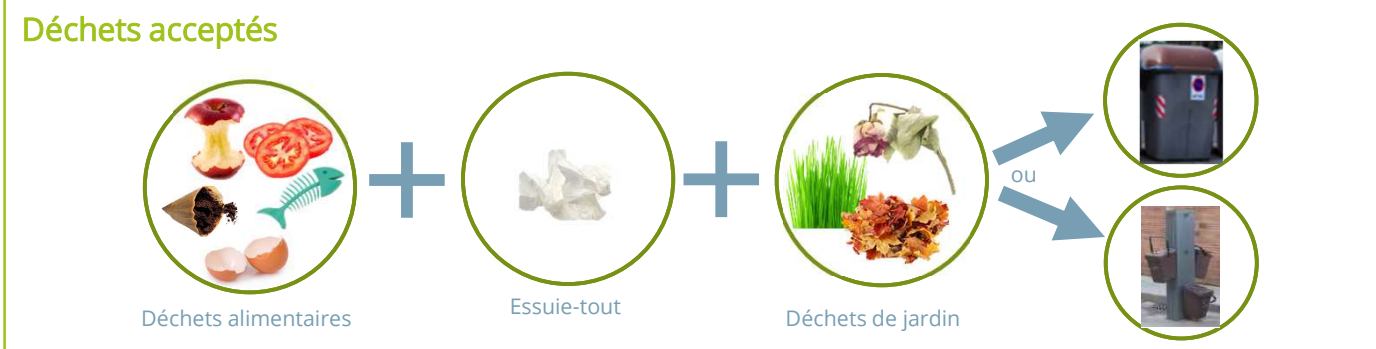
La loi espagnole de 2011 sur les déchets et sols pollués transposant la directive européenne 2008/98/CE encourage la séparation à la source des biodéchets en vue de leur valorisation. De plus, la plupart des plans régionaux de gestion des déchets réalisés ces dernières années comprennent des dispositions sur la collecte séparée.

En 2004, la région de Catalogne a introduit des taxes sur la mise en décharge et l'incinération des déchets afin de promouvoir la prévention des déchets et la collecte séparée. Un décret régional de 2009 impose la collecte séparée, y compris pour les biodéchets. Le programme général de prévention et de gestion des déchets et des ressources en Catalogne 2020 (PRECAT 20) avait pour objectif de valoriser 60 % en poids des biodéchets en 2020, avec un refus de tri dans les biodéchets inférieur à 10 % (en poids).

La métropole de Barcelone (Aera Metropolitana de Barcelona) s'était fixé, dans son plan de gestion des déchets 2009-2016, d'atteindre une valorisation de 55 % des biodéchets par rapport au total généré. Elle prévoyait d'augmenter le nombre de ménages ayant accès au service de collecte. Elle souhaitait également améliorer la qualité de la fraction organique et traiter tous les biodéchets dans des installations de méthanisation ou de compostage.

### Collecte des biodéchets

Les biodéchets sont gérés au niveau de la métropole de Barcelone. Cependant, les différentes villes sont chargées d'organiser la collecte. Barcelone collecte les biodéchets auprès de tous les ménages depuis 2010 et auprès de certains professionnels. La collecte est effectuée en apport volontaire ou en porte-à-porte (petit bac).



### Traitement et valorisation



#### Types de process :

- **2 éco-parcs (méthanisation) :** Montcada i Reixac et Zona Franca
- **2 sites de compostage :**
  - 5 Andains ventilés pour la fermentation (8 semaines) et 3 autres pour la maturation (6 semaines) à Torrelles de Llobregat
  - 6 tunnels pour la fermentation (3 semaines) et andains ventilés pour la maturation (10 semaines) à Sant Cugat del Valles



**Localisation :** A différents endroits de la métropole de Barcelone



#### Maitre d'ouvrage et exploitant :

- Public** Eco-parc Montcada i Reixac appartient à la métropole de Barcelone (AMB) et géré par la société Eco-parc del Besòs (EBESA),
- Public** Eco-parc Zona Franc appartient à AMB et géré par la société Eco-parc de Barcelona SA
- Public** Site de compostage Torrelles de Llobregat appartient à la ville de Torrelles de Llobregat et géré par METROCOMPOST
- Public** Site de compostage Sant Cugat del Valles appartient à AMB



#### Valorisation :

#### Eco-parcs

##### Intrants

- Capacité de traitement : 85 000 t/an<sup>1</sup> de biodéchets (Zona de Franca) 96 000 t/an<sup>1</sup> de biodéchets (Montcada i Reixac)
- Diversité des intrants : déchets alimentaires et déchets de jardin collectés auprès des ménages, des gros producteurs et marchés et déchets verts issus des parcs et jardins publics

↓ Biogaz

↓ Digestat



Electricité utilisée sur site et injectée sur le réseau



Chaleur utilisée en autoconsommation pour alimenter le process



Digestat composté avec les déchets verts dans l'installation de compostage en tunnel. Le compost est utilisé en agriculture ou pour le jardinage suivant sa qualité.

#### Sites de compostage

##### Intrants

- Capacité de traitement : 4 500 t/an<sup>1</sup> à Torrelles de Llobregat et 7 600 t/an<sup>1</sup> à Sant Cugat del Valles
- Diversité des intrants : déchets alimentaires et déchets de jardin collectés auprès des ménages et déchets verts issus des parcs et jardins publics

↓ Compost



Le compost est utilisé comme amendement pour les agriculteurs et les particuliers.

### Éléments marquants

- Méthanisation et compostage des biodéchets sur le territoire

### Éléments nécessitant un complément d'information

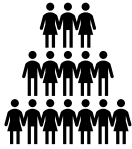
- Process de méthanisation des biodéchets
- Exigences de qualité du compost selon les utilisations

### Echelle de la stratégie de valorisation

Communale

### Population

465 900 hab. (2020)



### Ancienneté de la stratégie

2012



### Usagers desservis

Ménages  
Entreprises



### Process de traitement

Méthanisation



## Contexte de la gestion des biodéchets

La politique des déchets en Angleterre de 2011 définit plusieurs objectifs sur la hiérarchie de traitement des déchets, et notamment la réduction du gaspillage alimentaire. En 2013, un programme sur la prévention des déchets a été publié. Enfin, le gouvernement britannique a proposé en décembre 2018 pour l'Angleterre une stratégie pour gérer plus efficacement les ressources et minimiser les déchets, dans une optique d'économie circulaire. Le plan propose en particulier l'introduction de la collecte hebdomadaire des déchets alimentaires pour tous les ménages ainsi que la collecte auprès de tous les professionnels. L'augmentation de la taxe de mise en décharge joue aussi un rôle pour réduire l'enfouissement des biodéchets.

Bristol a également publié sa stratégie de gestion des déchets et des ressources en 2016. La ville indique vouloir traiter les déchets comme une ressource et chercher à remplacer l'énergie fossile par de l'énergie issue de sous-produits. Elle met aussi l'accent sur la réduction du gaspillage alimentaire.

## Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de Bristol est gérée par Bristol Waste Company détenue à 100 % par la ville. La collecte se fait en porte-à-porte en C1. Des conteneurs marron de différentes tailles (23 L, 140 L, 240 L, etc.) sont proposés. Les sacs en plastique (compostables ou non) peuvent être utilisés comme contenant avant de déposer les biodéchets dans le bac.

La collecte des biodéchets est également proposée aux professionnels.

### Déchets acceptés



Déchets alimentaires



Utilisation autorisée des sacs en plastique (compostable ou non)



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Unité avec diversités des intrants, dont boues de station d'épuration, traités sur différentes lignes
- Déconditionneur de sacs
- Temps de séjour des biodéchets en milieu mésophile : 21 jours



Localisation : Avonmouth (15 km de Bristol)



#### Maitre d'ouvrage et exploitant :

Privé

Gestion par GENeco : entreprise de recyclage et d'énergie renouvelable créée en 2009 par la société mère Wassex Water



Année de démarrage : 2012



#### Valorisation :








Usine de méthanisation

#### Intrants

- Capacité de traitement : actuellement 55 000t/an
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires issus des ménages et des professionnels (supermarchés, restaurants, brasseries, industries)

Biogaz  
56 000 m<sup>3</sup>2

Digestat

-  Electricité utilisée pour le fonctionnement du site
-  Electricité excédentaire injectée sur le réseau
-  Chaleur utilisée pour chauffer les digesteurs et utilisée lors de l'hygiénisation des déchets alimentaires
-  Biogaz valorisé en biométhane puis injecté dans le réseau
-  Biogaz valorisé en biométhane puis utilisé comme biocarburant pour les véhicules comme les Bio-Bus et Bio-Bug de l'entreprise



Digestat valorisé en amendement par les agriculteurs : 220 000 t<sup>1</sup>

### Éléments marquants

- Diversité de valorisation du biogaz

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Diversité des intrants avec une ou plusieurs chaînes de traitement



## Contexte de la gestion des biodéchets

Le Pays de Galles a élaboré une stratégie zéro déchet en 2010, dont un des objectifs est de recycler au moins 70 % des déchets d'ici 2025. La méthanisation des biodéchets collectés séparément est favorisée. Le règlement sur les déchets de 2011 est similaire à celui de l'Angleterre. Il oblige toutes les entreprises et organismes publics à appliquer la hiérarchie de traitement des déchets.

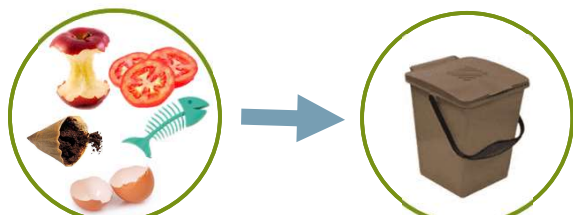
En 2012, Cardiff a travaillé avec le « County Borough » de Vale of Glamorgan pour trouver une solution de valorisation des biodéchets sur le long terme. Le but était de garantir la valorisation durable des biodéchets, de réduire l'impact sur l'environnement et de contribuer aux objectifs de recyclage et de compostage des déchets municipaux de Cardiff. Un contrat de 15 ans a alors été passé pour une installation de méthanisation (déchets alimentaires) et une installation de compostage en andain (déchets verts). Le projet a été obtenu dans le cadre du programme de traitement des déchets alimentaires du gouvernement gallois, qui soutient les villes par un financement des achats et un soutien continu des revenus (pour le recyclage des déchets alimentaires) afin d'atteindre leurs objectifs de recyclage d'ici 2025.

## Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets est gérée par Cardiff et par le « County Borough » de Vale of Glamorgan. Elle est réalisée en porte-à-porte en C1 dans des bioseaux. Les modalités de collecte pour les ménages vivant en appartement dépendent de ce qui est disponible dans les immeubles. Les déchets alimentaires doivent préalablement être déposés dans des sacs fournis par la ville/County Borough, avant de les mettre dans le bioseau/bac.

### Déchets acceptés :

Utilisation obligatoire des sacs proposés par la ville/County Borough



Déchets alimentaires

### Traitement et valorisation



Type de process :

- Unité de méthanisation



Année de démarrage : 2017



Unité de méthanisation



Localisation : Cardiff



privé

Maitre d'ouvrage et exploitant :

Gestion par Glas Cymru : entreprise à but non lucratif fournissant des services dans l'eau et l'assainissement



Valorisation :

#### Intrants

- Capacité de traitement : 35 000 t/an<sup>1</sup>
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires collectés auprès des ménages et déchets commerciaux issus d'entreprises locales

Biogaz

Digestat



Electricité utilisée pour alimenter en énergie une partie de l'usine de traitement de l'eau située sur site



Chaleur utilisée sur site



Digestat de haute qualité (conforme PAS 110) valorisé en compost pour être utilisé par les agriculteurs

### Éléments marquants

- Projet en partenariat entre deux territoires

### Éléments nécessitant un complément d'information

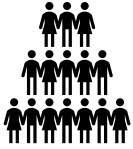
- Process de méthanisation

### Echelle de la stratégie de valorisation

Communale

### Population

623 404 hab. (2019)



### Ancienneté de la stratégie

2015



### Usagers desservis

Ménages



### Process de traitement

Méthanisation



## Contexte de la gestion des biodéchets

Le Danemark a lancé sa stratégie « Danemark sans déchet » en 2013. Un des objectifs est de valoriser 25 % des déchets verts en carburant. Il s'est également fixé comme objectif de valoriser 50 % des déchets ménagers d'ici 2022. Cela ne sera possible que si les biodéchets sont valorisés. Dans son plan de gestion des ressources et des déchets 2018, Copenhague prévoyait de collecter séparément au moins 27 500 tonnes de biodéchets en 2018 afin d'être valorisés en méthanisation. Cet objectif a été augmenté à 38 500 tonnes par an d'ici 2024. Dans son nouveau plan de gestion des ressources et des déchets 2024, Copenhague prévoit de construire une nouvelle installation de méthanisation afin qu'elle soit plus près de la ville ainsi que l'obligation de la collecte séparée des biodéchets en 2023.

## Collecte des biodéchets

La collecte séparée des biodéchets a été initiée en 2015 pour les usagers en habitat individuel et étendue à l'habitat collectif en 2017. La collecte des ordures ménagères est assurée par la ville qui fait appel à des prestataires.

Les déchets sont à déposer dans des sacs biodégradables en fécule de maïs, proposés par la ville. L'utilisation de sacs en plastique est interdite. Concernant les déchets végétaux, seuls les fleurs coupées, épis de maïs et autres déchets du même type peuvent être déposés en vrac dans le bac. Les déchets alimentaires sous emballage ne peuvent pas être déposés.

### Déchets acceptés

Utilisation obligatoire des sacs biodégradables en fécule de maïs proposés par la ville



Déchets alimentaires



Essuie-tout



Fleurs coupées



Fleurs coupées uniquement



### Traitement et valorisation

Les biodéchets de Copenhague sont d'abord prétraités dans une usine se situant à une dizaine de kilomètres du centre de Copenhague, appartenant à la société HCS. Le prétraitement consiste en un ajout d'eau et un broyage pour obtention d'une pulpe. La pulpe est ensuite acheminée par camion jusqu'à l'unité de traitement (située à plus de 80 km de Copenhague où elle est traitée par méthanisation. Ces biodéchets sont valorisés en biogaz et en engrais (digestat liquide).

Copenhague prévoit de construire une nouvelle installation de méthanisation afin de minimiser les distances de transport et assurer une utilisation optimale des biodéchets collectés, dans une logique d'économie circulaire. Ce projet sera réalisé en collaboration avec Amager Resource center. Avec la collaboration des universités, entreprises et autres collaborateurs privés et public, des projets seront développés dans le but de faire évoluer les nouvelles technologies. Un des objectifs fixé est d'expérimenter le bioraffinage.

### Éléments marquants

- Projet de bioraffinage et de développement de nouvelles technologies

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Process de méthanisation actuel
- Avancée du projet de la nouvelle installation de méthanisation



### Contexte de la gestion des biodéchets

L'Ecosse a présenté son plan zéro déchet en 2010. Il fixait un objectif de 70 % de recyclage d'ici 2025. Le règlement écossais sur les déchets de 2012 a imposé la valorisation des déchets alimentaires dans les zones non rurales à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2016. Depuis cette date, toutes les entreprises produisant plus de 5 kg de déchets alimentaires doivent obligatoirement faire collecter leurs biodéchets. Les déchets collectés ne peuvent pas être envoyés en décharge ni en incinération. La mise en décharge des biodéchets municipaux est également interdite depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2021. De plus, le gouvernement écossais annonçait un objectif de réduction du gaspillage alimentaire de 33 % entre 2013 et 2025.

La stratégie de gestion des déchets et du recyclage 2010-2025 d'Edimbourg fixait comme objectif un taux de recyclage d'au moins 50 % en 2015 et 60 % en 2017. Pour parvenir à ces objectifs, Edimbourg a travaillé en partenariat avec la région de Midlothian pour le développement d'une unité de méthanisation à Millerhill (2017) et la construction de l'installation de valorisation énergétique (2019). Entre 2011 et 2017, les biodéchets étaient acheminés vers l'installation de méthanisation de Scottish Water Horizons Deerdykes à Cumbernauld.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets est gérée par Edimbourg et par le Midlothian. Edimbourg a initié ce service en 2011. La collecte se fait en porte-à-porte en C1. Les biodéchets doivent préalablement être déposés dans des sacs compostables, sacs en plastique ou emballés dans du journal avant d'être mis dans des petits bacs gris. Les emballages alimentaires et les liquides ne sont pas autorisés.

**Déchets acceptés**

Utilisation obligatoire de sacs compostables, de sacs en plastique ou possibilité d'envelopper les biodéchets dans du journal



Déchets alimentaires

### Traitement et valorisation



Type de process :

- Méthanisation



Année de démarrage : 2017



Usine de méthanisation



Localisation : Millerhill (10 km d'Edimbourg)



Maitre d'ouvrage et exploitant :

privé Construction par Biogen pour Alauna Renewable Energy (partenariat entre Kelda Organic Energy et Scottish Water Horizons)

privé Installation acquise depuis 2018 par Biogen



Valorisation :

#### Intrants

- Capacité de traitement : 35 000 t/an<sup>1</sup> dont 8 400t/an provenant d'Edimbourg
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires collectés auprès des ménages d'Edimbourg et de la région de Midlothian et déchets alimentaires provenant des d'entreprises et d'industries de la région (y compris les déchets emballés)

Biogaz

Digestat  
23 000 t/an<sup>2</sup>



Electricité utilisée sur place pour alimenter les installations



Electricité utilisée par les usines de traitement d'eau locales de Scottish Water



Digestat valorisé en engrais



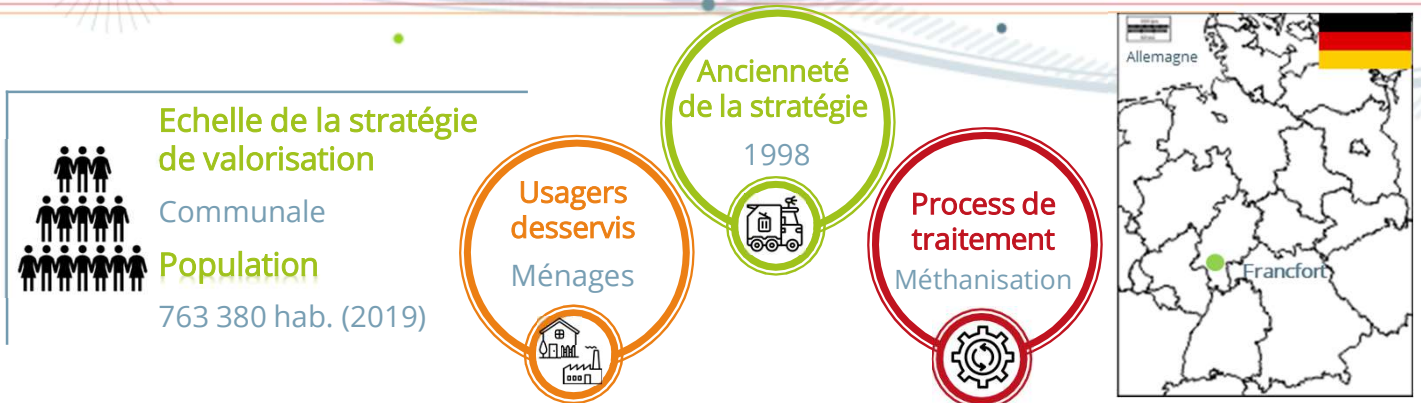
Digestat valorisé en amendement

### Éléments marquants

- Installation réalisée en partenariat entre la ville d'Edimbourg et la région de Midlothian

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Process de prétraitement et de digestion des biodéchets
- Valorisation du biogaz et du digestat suite au changement d'exploitant



### Contexte de la gestion des biodéchets

La loi sur la gestion des déchets allemande (KrWG) revue en 2012 oblige les producteurs de déchets et les autorités chargées de la gestion des déchets à collecter séparément les biodéchets depuis janvier 2015. Cette loi est concrétisée dans l'ordonnance sur les biodéchets (BioAbfV). Francfort a été l'une des premières villes allemandes à mettre en place une collecte séparée des biodéchets. Cette collecte vient en complément du compostage de proximité, également en place, mais pour lequel les autorités conseillent de ne pas inclure certains déchets organiques (notamment les restes de viande, les os ou encore la litière biodégradable), alors qu'ils sont acceptés dans la collecte des biodéchets. Une remise est octroyée aux foyers pratiquant le compostage individuel et à condition que la surface du jardin soit supérieure à 25 m<sup>2</sup> afin d'assurer une utilisation in situ du compost produit.

### Collecte des biodéchets

Les biodéchets sont collectés séparément dans l'ensemble de la ville de Francfort depuis 1998. Les déchets alimentaires et les déchets verts sont collectés en mélange en C0,5. La collecte en porte-à-porte est effectuée grâce à des bacs de 120 L ou de 240 L. Il est possible d'utiliser des sacs en papier ou du papier journal, en revanche les sacs plastiques biodégradables ne sont pas acceptés car leur décomposition n'est pas considérée comme assez rapide.



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation
- Process combiné de fermentation en voie sèche et de compostage en tunnel
- Temps de séjour des biodéchets dans les digesteurs : 21 jours



Année de démarrage : 1999



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 30 000 t/an<sup>1</sup>
- Diversité des intrants : biodéchets des ménages, déchets verts des espaces verts publics et déchets industriels (fruits/légumes)

Biogaz  
2 000 000 m<sup>3</sup>/an<sup>1</sup>

Digestat  
17 000 t/an<sup>1</sup>



Electricité utilisée pour alimenter l'installation et injectée sur le réseau (injection de 3 400 000 kWh/an)



Chaleur envoyée sur un réseau de chaleur qui alimente un quartier



Localisation : Francfort



Maitre d'ouvrage et exploitant :

Privé

Actionnaire : Frankfurter Entsorgungs- und Service GmbH

Privé

Exploitant : Rhein-Main Biokompost GmbH



Unité de méthanisation



Le compost produit à partir du digestat est labellisé RAL, vendu sous la marque Humerra et notamment fourni aux exploitations agricoles.

Le label de qualité « RAL-Gütezeichen Kompost » a été créé par l'association de labellisation Bundesgütegemeinschaft Kompost.

### Éléments marquants

- Long retour d'expérience
- Cogénération avec alimentation d'un réseau de chaleur

### Éléments à creuser

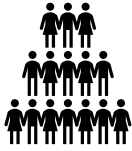
- Articulation entre la collectivité et l'exploitant privé de l'unité de valorisation
- Complémentarité des intrants

### Echelle de la stratégie de valorisation

Cantonale

### Population

205 007 hab. (2020)



### Ancienneté de la stratégie

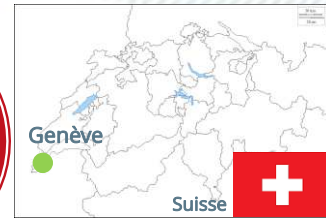
2000



Usagers desservis  
Ménages



Process de traitement  
méthanisation



## Contexte de la gestion des biodéchets

L'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets publiée par le Conseil fédéral Suisse (décembre 2015) impose la valorisation des biodéchets s'il est économiquement possible de mettre en place une collecte spécifique. A défaut, une valorisation énergétique ou un traitement thermique doivent, si possible, être mis en place.

En septembre 2016, le canton de Genève a lancé une campagne cantonale pour la collecte des biodéchets en distribuant une « P'tite poubelle verte » aux foyers genevois (bioseau aéré). Une nouvelle campagne de sensibilisation au recyclage des déchets organiques de cuisine est lancée en 2021 car 1/3 des ordures ménagères résiduelles sont encore des déchets alimentaires.

## Collecte des biodéchets

Les biodéchets concernés par la collecte sont les déchets alimentaires, y compris carnés, ainsi que les déchets verts d'appartement. Une collecte séparée des déchets verts de jardin existe également. Les biodéchets sont collectés en porte-à-porte ou au niveau d'écopoints (points d'apport volontaire). L'utilisation de sacs compostables (labels OK compost, Home ou Seedlings) est privilégiée. La collecte est assurée au niveau communal. Au niveau de la ville de Genève, les biodéchets sont collectés en C2 en porte-à-porte dans des bacs ne dépassant pas 140 L ainsi que grâce aux écopoints.

### Déchets acceptés

Utilisation privilégiée des sacs compostables (sacs devant respecter la norme EN 13432)



Déchets alimentaires



Déchets verts d'appartement



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation (site principal de Châtillon) des déchets de cuisine puis compostage du digestat et des déchets verts
- Digesteur cylindrique vertical fermé (conditions thermophiles pendant 24 jours)



Localisation : Chatillon



Maitre d'ouvrage et exploitant :

Public Gestion par les Services Industriels de Genève (SIG)



Année de démarrage : 2000



Valorisation :

#### Intrants

- Capacité de traitement : 23 000 t/an dont 10 000 t/an de déchets de cuisine
- Diversité des intrants : déchets de cuisine et de jardin des ménages

Biogaz

Digestat



Cogénération d'électricité et de chaleur permettant la valorisation du biogaz produit



Digestats valorisés via du compostage en andain sur le site  
Retour au sol du compost via les agriculteurs, les horticulteurs ainsi que le jardinage des particuliers

PôleBio devrait venir remplacer l'unité actuelle de Châtillon en bénéficiant des avancées des technologies de méthanisation et de compostage pour produire environ 10 GWh/an de biogaz ainsi que 8 000 tonnes/an de compost. Ce projet local réunit les acteurs Helvetia Environnement SA et SIG. SIG assure notamment le raccordement du futur site PôleBio au réseau de distribution du gaz.

### Éléments marquants

- Découpage du territoire en zones d'apports alimentant différentes unités de méthanisation ou de compostage et dont la principale unité est Châtillon

### Éléments à creuser

- Fonctionnement de l'unité de traitement actuelle
- Projet PôleBio
- Impact des sacs compostables sur le process



### Contexte de la gestion des biodéchets

La loi sur la gestion des déchets allemande (KrWG) revue en 2012 oblige les producteurs de déchets et les autorités chargées de la gestion des déchets à collecter séparément les biodéchets depuis janvier 2015. Cette loi est concrétisée dans l'ordonnance sur les biodéchets (BioAbfV).

La ville prend part au projet pilote « Biotonne – Heilbronn macht mit ! » du ministère de l'environnement du Bade-Wurtemberg dont l'objectif est d'étudier comment la quantité et la qualité des biodéchets peuvent être optimisées dans les logements collectifs. La mise en œuvre de ce projet a débuté en juin 2019 dans un grand complexe résidentiel où les habitants ont reçu un guide et une nouvelle brochure d'information concernant les gestes de tri ainsi qu'un bioseau non ajouré.

### Collecte des biodéchets

Les déchets alimentaires (y compris déchets carnés) sont collectés en mélange avec les déchets de jardin dans le bac brun. La collecte en porte-à-porte est effectuée grâce à des bacs de 60, 80, 120 ou de 240 L. L'utilisation conjointe d'un bac par plusieurs ménages est possible. Les bacs biodéchets sont collectés en C0,5 à l'exception de la période de mi-juin à octobre où la fréquence est augmentée à une fois par semaine (C1).

Des sacs en papier ou du papier journal peuvent être utilisés afin d'envelopper les biodéchets. Les sacs en plastique ne sont pas autorisés. Lorsque le contenu du bac ne respecte pas les consignes de tri, le bac n'est pas collecté.



### Traitement et valorisation

La nature du traitement n'est pas connue (méthanisation, compostage), de même que la stratégie de valorisation (un ou plusieurs sites de valorisation, modes de gestion...). Le traitement permet in fine la production de compost qui est utilisé en agriculture, pour l'aménagement paysager et dans les jardins d'agrément.

### Éléments marquants

- Variation de la fréquence de collecte en fonction de la saisonnalité
- Contrôle de la qualité du tri des biodéchets et non collecte en cas de qualité insuffisante

### Éléments à creuser

- Modalités et résultats de l'expérimentation au niveau de l'habitat collectif
- Stratégie de valorisation des biodéchets



### Contexte de la gestion des biodéchets

L'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets publiée par le Conseil fédéral Suisse (décembre 2015) impose la valorisation des biodéchets s'il est économiquement possible de mettre en place une collecte spécifique. A défaut, une valorisation énergétique ou un traitement thermique doivent, si possible, être mis en place.

Le Canton de Vaud a incité les collectivités de son territoire à opter pour une collecte et un traitement séparé des biodéchets, via notamment une politique contribuant au développement d'infrastructures de collecte et d'unités de valorisation (Plan de gestion des déchets 2016, révisé en 2020). Un réseau d'installations de traitement s'est ainsi développé dans le canton pour répondre aux besoins locaux.

Avant 2018, la ville de Lausanne valorisait uniquement les déchets verts sur des installations de compostage. Les déchets alimentaires étaient collectés en mélange avec les OMR, ces derniers faisant l'objet d'une tarification incitative.


Depuis janvier 2018, déchets alimentaires et déchets verts sont collectés en mélange pour être valorisés dans plusieurs unités de méthanisation du territoire.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de Lausanne est réalisée depuis 2018 par le service de la propreté urbaine de la ville. La collecte se fait en porte-à-porte en C1. Des conteneurs de différentes tailles (140, 240 et 770 L) sont proposés. Les déchets peuvent être déposés en vrac ou dans un sac compostable respectant la norme EN13432. Les sacs biodégradables et compostables ne respectant pas cette norme sont interdits.

**Déchets acceptés**

Utilisation de sacs respectant la norme EN 13432 ou dépôt en vrac



Déchets alimentaires + Déchets de jardin → [Bin]

### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation : 1 site principal à Lavigny + sites secondaires (ex: Axpo Kompogas à Chavornay)
- Déconditionnement des produits issus de l'industrie alimentaire
- Temps de séjour en milieu thermophile à 53°C : 15 à 20 jours



#### Année de démarrage :

1992 : unité de compostage  
2008 : unité de méthanisation



**Localisation :** Lavigny (25 km de Lausanne)



#### Maitre d'ouvrage et exploitant :

Privé Ecorecyclage SA : entreprise fondée en 1965



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 45 000 t/an<sup>1</sup> dont 30 000 t/an<sup>1</sup> de biodéchets issus des ménages
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires collectés auprès des ménages et entreprises, déchets agro-industriels, déchets verts

Site de méthanisation et de compostage



Biogaz  
16 500 000 kWh/an<sup>1</sup>

Digestat



Biogaz épuré dans une unité exploitée par l'entreprise Cosvegas SA. Il est ensuite comprimé afin d'être injecté dans le réseau et utilisé comme biocarburant pour les véhicules. Le résidu de l'épuration contenant encore du méthane est brûlé puis la chaleur produite est utilisée pour chauffer le digesteur.



Digestat liquide valorisé en engrais pour être utilisé en agriculture : 8 800 m<sup>3</sup>/an<sup>2</sup>

Digestat solide déshydraté puis composté avec des déchets verts grossiers. Ce mélange est reconnu par le label Bourgean de BIO Suisse. Le compost est vendu en vrac et en sac auprès des professionnels et particuliers. Du terreau est également proposé : 16 000 m<sup>3</sup>/an<sup>2</sup> de compost et 1 400 m<sup>3</sup>/an<sup>2</sup> de terreau

### Éléments marquants



Trieur optique pour supprimer les plastiques présents dans les biodéchets

### Éléments nécessitant un complément d'information

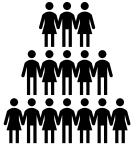
- Répartition des biodéchets envoyés par Lausanne et sites de valorisation utilisés
- Causes du changement de site de valorisation
- Impact de la collecte DA et DV en mélange par rapport aux collectes séparées

### Echelle de la stratégie de valorisation

Intercommunale

### Population

700 000 hab. dont  
197 217 hab. (2020) à  
Liège



### Ancienneté de la stratégie

2011



Usagers  
desservis

Ménages



Process de  
traitement

Méthanisation



## Contexte de la gestion des biodéchets

En Belgique, la réglementation sur les déchets est gérée au niveau des régions. Depuis janvier 2010, il est interdit d'enfouir de la matière organique dans la région Wallonie. Le Plan wallon des déchets Horizon 2010 a été approuvé en 1998 puis modifié. Afin d'atteindre les objectifs de ce plan, il a été nécessaire de mettre en place la collecte séparée des biodéchets sur toutes les collectivités wallonnes. Des subventions ont été reçues par les structures ayant mis en place la collecte des biodéchets en porte-à-porte (32,5€/t collectée - Arrêté du Gouvernement Wallon de juillet 2008).

La directive européenne imposant le tri à la source des biodéchets à partir de 2023, a également été l'élément déclencheur de ce nouveau flux de collecte.

Le compostage domestique est un autre moyen de gestion des biodéchets que propose Liège. Des formations pratiques sont données gratuitement et des « éducomposteurs » sont à la disposition des habitants pour les aider dans leur démarche.

## Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de la ville de Liège est gérée par l'intercommunale Intradel qui regroupe 72 communes (700 000 habitants). Liège propose ce service depuis 2011. La collecte se fait en porte-à-porte en C1 et sur base volontaire. Ce service est compris dans la « taxe urbaine ménage » annuelle.

Des conteneurs verts à puce nominatifs de différentes tailles (40, 140 et 240 L) sont proposés. Seuls les sacs biodégradables porteurs du label Biocompost sont autorisés dans ces bacs. Liège propose également des sacs biodégradables pour les foyers n'ayant pas la place d'avoir un bac supplémentaire chez eux. Deux rouleaux de 10 sacs biodégradables de 25 L sont compris annuellement dans la « taxe urbaine ménage ».

### Déchets acceptés

Utilisation interdite des sacs hormis ceux biodégradables porteurs du label Biocompost



Déchets alimentaires



Mouchoirs, essuie-tout, serviettes en papier, langes bébés, litières, biodégradables



Déchets de jardin



ou



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation
- Cribleur pour enlever les indésirables (plastiques, métaux, etc.)
- Deux digesteurs en voie sèche continue (réacteur de type piston)
- Temps de séjour des biodéchets en milieu thermophile : 21 jours



Année de démarrage : Fin 2018



Localisation : Herstal (10 km de liège)



Maitre d'ouvrage et exploitant :

- Public Construction par Intradel avec le soutien de la région wallonne
- Public Gestion par Intradel depuis la mise en fonctionnement



Investissement : 27 M€



#### Valorisation :

##### Intrants



Unité de méthanisation

- Capacité de traitement : Traitement actuel de 32 000 t/an avec capacité de 40 000 t/an<sup>1</sup>
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires, textiles sanitaires et déchets de jardin collectés auprès des ménages

Biogaz  
20 000 000 kWh/an<sup>1</sup>

Digestat  
14 000 t/an<sup>1</sup>



Electricité utilisée sur site et cogénération d'électricité via 2 moteurs.



Chaleur pour chauffer les digesteurs et sécher le digestat afin qu'il passe de 20 % à 80 % de matière sèche : 9 000 000 kWh/an<sup>1</sup>  
Complément de chaleur apporté de l'UVE UVELIA (installation voisine). Le séchage permet de limiter les coûts de transport entre l'unité de méthanisation et le site de compostage



Digestat séché puis envoyé dans un site de compostage en zone agricole (à Lixhe) puis utilisé en agriculture.

### Éléments marquants

- Synergie avec l'UVE voisine pour les besoins en chaleur du méthaniseur
- Consignes de tri intégrant des textiles sanitaires
- 👍 Présence d'un « Nez olfactif » pour supprimer les odeurs

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Process de compostage du digestat après séchage
- Quantités et types de textiles sanitaires acceptés dans la collecte et gestion par le méthaniseur



### Contexte de la gestion des biodéchets

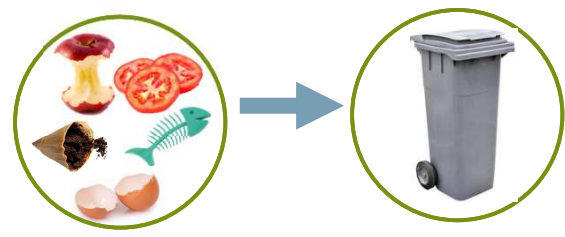
Depuis 2005, il est interdit d'envoyer des déchets organiques en décharge en Suède. Une taxe sur l'incinération des déchets a été instaurée en 2006 afin de favoriser, entre autres, la valorisation de la matière organique. Elle a finalement été abrogée en 2010 car elle n'avait aucun effet sur le taux de valorisation.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de Linköping est réalisée par l'entreprise municipale Tekniska verken (filiale de l'entreprise Linköpings Stadshus AB). Cette entreprise collecte également les déchets de plusieurs villes du comté d'Östergöland. La collecte se fait en porte-à-porte en C0,5 auprès des ménages et en C1 auprès des professionnels depuis 2012. Chaque usager dispose d'un bac dans lequel il doit mettre les biodéchets (sac vert) et les OMR. Après avoir été triés par un trieur optique, les sacs verts sont envoyés vers l'installation de méthanisation. La collecte est financée par une tarification incitative au poids.

#### Déchets acceptés

Utilisation obligatoire des sacs plastiques verts proposés par la ville



Déchets alimentaires

### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation
- Prétraitement pour séparer les déchets indésirables dont les sacs en plastiques
- Pré-hydrolyse et hygiénisation due aux déchets d'abattoirs (70°C pendant 1h)
- Trois digesteurs de 3 700 m<sup>3</sup> chacun
- Temps de séjour des biodéchets en milieu thermophile à environ 42 °C : entre 50 et 60 jours



Année de démarrage : 1997



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 125 000 t/an<sup>1</sup>  
100 000 t/an valorisées en 2018
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires collectés auprès des ménages (45 %), déchets d'abattoirs (27 %), déchets des supermarchés (22 %), résidus de la production d'éthanol, boue d'épuration et déchets agricoles (6%)

Biogaz  
120 GWh/an<sup>1</sup>



Biogaz valorisé en biocarburant. Le carburant est distribué et vendu par Svensk Biogas, filiale de Tekniska verken. En 2019, une usine de production de biogaz liquide (LBG) a été construite afin que ce carburant soit utilisé par les camions, le transport maritime et l'industrie. Tekniska verken fait de la R&D afin d'augmenter le rendement en gaz



Localisation : Linköping



#### Maitre d'ouvrage et exploitant :

Public

Tekniska verken : travaille dans les domaines des déchets, électricité, eau, traitement de l'eau, chauffage urbain, énergies renouvelables



Unité de méthanisation

Digestat



Digestat valorisé en engrais afin d'être utilisé en agriculture : 105 000 t/an<sup>2</sup>

### Éléments marquants

- Long retour d'expérience
- R&D pour la valorisation du biogaz

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Etendue de la stratégie, complémentarité des intrants (dont déchets d'abattoirs)



### Contexte de la gestion des biodéchets

La Slovénie a transposé plusieurs directives européennes en décrets nationaux sur les déchets entre 2001 et 2011. Parmi ces décrets, celui sur la gestion des déchets biodégradables de cuisine et de jardin de 2010 oblige la collecte séparée des biodéchets à partir de juillet 2011 pour les ménages et professionnels.

Ljubljana a commencé à s’engager en faveur du zéro déchet dans les années 2000 après avoir constaté que les capacités de stockage en enfouissement devenaient limitées et que le ratio des déchets enfouis était très élevé (400 kg/hab./an). Elle a notamment réussi à développer la collecte séparée des biodéchets et à réduire de 95 % la quantité de déchets envoyés en enfouissement. Parmi les objectifs fixés, la ville prévoit de porter la collecte séparée à 78 % en 2025 et à 80 % d’ici 2035; de réduire la production annuelle totale de déchets de 280 kg par habitant et de réduire la production d’OMR annuelle à 60 kg d’ici 2025 et 50 kg d’ici 2035. Pour ce faire, JP VOKA SNAGA (entité publique de gestion des déchets) a mis en place un système de collecte en porte-à-porte pour les biodéchets et a réduit la fréquence de collecte des OMR.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de Ljubljana est réalisée par JP VOKA SNAGA, qui collecte également 10 communes limitrophes de Ljubljana (400 000 habitants). Ce service est proposé aux usagers depuis 2006. Ces derniers ont l’obligation de séparer leurs biodéchets depuis 2011. La collecte se fait en porte-à-porte en C1 pour 90 % de la population et en apport volontaire dans le centre-ville de Ljubljana. Les 66 PAV sont uniquement accessibles à l’aide d’une carte, fournie gratuitement aux usagers.

Il est recommandé de déposer les biodéchets dans des sacs en papier, en plastique biodégradable (amidon de maïs par exemple) avant de les déposer dans les bacs ou dans les PAV. Les déchets de jardin peuvent être déposés directement dans le bac.

JP VOKA SNAGA a instauré la tarification incitative basée sur les OMR et biodéchets.



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Unité de méthanisation
- Prétraitement mécanique
- Un digesteur
- Digestion par voie sèche
- Temps de séjour des biodéchets en milieu thermophile : 25 jours



Année de démarrage : Fin 2015



Localisation : Ljubljana



Maitre d'ouvrage et exploitant :

Public JP VOKA SNAGA : traitement des déchets, traitement de l'eau et alimentation en eau potable



#### Valorisation :

Unité de méthanisation



#### Intrants

- Capacité de traitement : 20 000 t/an<sup>1</sup> de biodéchets (déchets de 770 000 citoyens)
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires, textiles sanitaires et déchets de jardin collectés auprès des ménages de 43 villes (700 000 citoyens, 1/3 de la Slovénie) et déchets professionnels.

Biogaz

Digestat



Electricité injectée sur le réseau



Chaleur utilisée dans l'usine (ex. chauffer les digesteurs, sécher le digestat)



Digestat valorisé en compost : 7 000 t/an<sup>1</sup>

### Éléments marquants

- Valorisation des biodéchets et des OMR sur le même site

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Process de compostage du digestat



### Contexte de la gestion des biodéchets

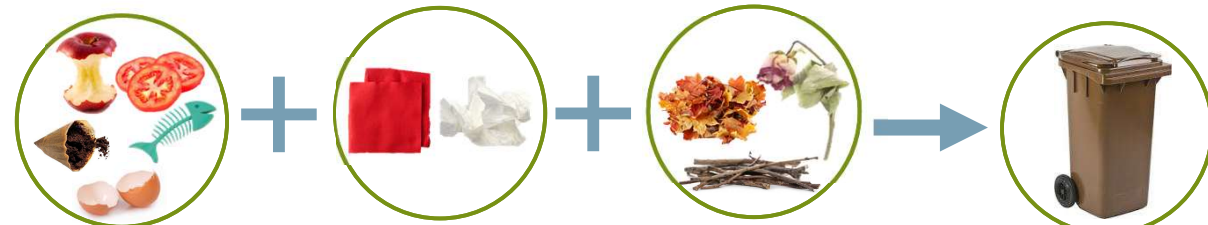
La loi sur la gestion des déchets allemande (KrWG) revue en 2012 oblige les producteurs de déchets et les autorités chargées de la gestion des déchets à collecter séparément les biodéchets depuis janvier 2015. Cette loi est concrétisée dans l'ordonnance sur les biodéchets (BioAbfV). De plus, les réglementations sur le stockage des déchets et des décharges de 2001 et 2002 (transposition des réglementations de l'UE en droit allemand) et l'ordonnance sur la valorisation des déchets dans les décharges de 2005 ont modifié l'acceptation des déchets dans les décharges. Lübeck qui envoyait tous ces déchets dans une décharge depuis 1963 a dû se conformer à la réglementation et a alors décidé de valoriser les biodéchets et OMR dans une installation de traitement mécano-biologique avec une partie méthanisation et compostage.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de Lübeck est gérée par l'entreprise d'élimination des déchets de la ville (Entsorgungsbetriebe Lübeck). Ce service est proposé depuis 2006. La collecte se fait en porte-à-porte en C0,5. Des conteneurs marron nominatifs de différentes tailles (40, 80 et 120 L) sont proposés. L'acquisition d'un conteneur n'entraîne pas de frais supplémentaire à condition que le volume du bac soit identique à celui du bac des OMR. Dans le cas où le bac est exceptionnellement trop petit, les usagers ont la possibilité d'acheter des sacs de 60 L, à 5 € l'unité. Hormis ces sacs, l'utilisation de sacs en plastique (y compris ceux compostables) est interdite.

**Déchets acceptés**

Utilisation interdite de sacs en plastique. En cas de quantité trop importante de déchets, ils peuvent être déposés dans les sacs proposés par la ville



Déchets alimentaires + Serviettes en papier, essuie-tout + Déchets verts (hors gazon et branchages imposants) →

### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Unité de méthanisation
- Prétraitement mécanique
- Digestion par voie humide



Année de démarrage : 2006



Localisation : Lübeck



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 50 000 t/an de biodéchets<sup>1</sup>
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires, serviettes en papier, essuie-tout, déchets de jardin collectés auprès des ménages

↓ Biogaz

Fraction organique fine (< 30 mm) des biodéchets



Chaleur utilisée sur site et par l'industrie voisine



Electricité utilisée sur site



Electricité excédentaire injectée dans le réseau

↓ Digestat



Digestat issu de la méthanisation des biodéchets et fraction > 30 mm des biodéchets compostés : étape de fermentation dans un milieu fermé puis étape de maturation dans des andains ouverts. Le compost est ensuite utilisé en agriculture locale et pour l'horticulture.

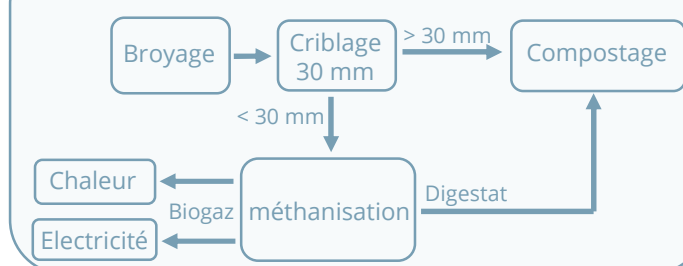


Public

#### Maitre d'ouvrage et exploitant :

Entsorgungsbetriebe Lübeck (entité en charge du traitement des déchets de Lübeck)

#### Schéma de la valorisation des biodéchets



### Éléments marquants

- Méthanisation et compostage des biodéchets suivant la granulométrie
- Valorisation des biodéchets et des OMR sur le même site, en filières séparées

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Impacts des textiles sanitaires et des sacs de collecte sur le process






### Contexte de la gestion des biodéchets

Avec l'augmentation de la population, la ville de Luxembourg a souhaité limiter la production de déchets pour protéger l'environnement et recycler les déchets collectés pour gérer ses ressources de façon plus responsable. Des études ont alors été menées en 2008 et 2009 afin d'identifier le potentiel de valorisation des déchets. Le potentiel de la collecte séparée des biodéchets et de leur méthanisation a alors été identifié. Cela a permis de combiner deux volets importants de la stratégie environnementale de la ville : gestion des déchets et utilisation rationnelle de l'énergie.

### Collecte des biodéchets

En octobre 2010, la collecte des biodéchets de la ville de Luxembourg a été instaurée par le service Hygiène de la ville. Depuis 2012, tous les ménagers disposent d'une collecte pour ces déchets. La collecte est effectuée en porte-à-porte en C1. Différentes tailles de bacs (40 L, 120 L, 240 L, etc.) sont proposées par le service de collecte. Les emballages et produits en plastique biodégradable sont interdits. Les déchets de jardin non ligneux doivent être déposés en mélange avec les déchets alimentaires. En cas de quantité importante, ils peuvent exceptionnellement être collectés séparément dans des contenants. Le service Hygiène propose également le nettoyage des bacs après chaque collecte pour un prix allant de 3,75 € (bacs jusqu'à 250 L) à 7,5 € (bacs à partir de 660 L). La taxe de collecte est fonction du volume de bac choisi.

**Déchets acceptés**


+

→


Déchets alimentaires      Déchets de jardin (hors ligneux)

Utilisation interdite des sacs en plastique biodégradables

### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation (sur 2 sites)
- Pulpeur de déchets BTA® pour séparer les matériaux non fermentescibles « légers » et « lourds » de la partie fermentescible (Bokana) et pour prétraiter la matière organique fermentescible
- Temps de séjour des biodéchets en milieu thermophile à 55°C : 20 jours



**Localisation :** Kehlen (25 km de Luxembourg) et Itzig (35 km)



#### Maitre d'ouvrage et exploitant :

- Privé Accord conclu avec la coopérative « Naturgas Kielen », fondée en 2004 et composée de 30 agriculteurs
- Privé Partenariat avec l'entreprise privée « Bokana »



#### Valorisation :

Naturgas Kielen

#### Intrants

- Capacité de traitement : 50 000 t/an<sup>1</sup>
- Diversité des intrants : Produits et sous-produits agricoles, déchets issus des marchés, des industries agroalimentaires et supermarchés, déchets alimentaires et déchets de jardin collectés auprès des ménages et déchets verts

↓ Biogaz

↓ Digestat



Biométhane (± 99 % CH<sub>4</sub>) injecté sur le réseau : 2 800 000 Nm<sup>3</sup> /an<sup>2</sup> → alimente plus de 1 200 maisons



Digestat utilisé en agriculture (type et mode de préparation non précisés)

#### Intrants

Bokana

- Capacité de traitement : 50 000 t/an<sup>2</sup>
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires et déchets de jardin collectés auprès des ménages, industries agroalimentaires, supermarchés (30 000 t/an) et biomasse agricole (20 000 t/an)<sup>2</sup>

↓ Biogaz

↓ Digestat



Biométhane (± 99 % CH<sub>4</sub>) injecté sur le réseau : 2 600 000 Nm<sup>3</sup> /an<sup>2</sup>



Biogaz utilisé pour produire de la chaleur nécessaire au process

Une partie du digestat liquide est injectée au niveau du pulpeur de déchets BTA® pour utiliser la flottation naturelle et la force de sédimentation afin de séparer les différentes parties et pour prétraiter la matière organique fermentescible<sup>2</sup>



Digestat liquide utilisé en agriculture comme engrais<sup>2</sup>



Digestat solide utilisé en agriculture comme amendement<sup>2</sup>

Méthaniseur de Naturgas Kielen



### Éléments marquants

- Unités de méthanisation territoriales, acceptant différents intrants dont les biodéchets des ménages
- Prétraitement par pulpeur

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Part des biodéchets des ménages arrivant sur les installations et impact pour le process



### Contexte de la gestion des biodéchets

Conformément au plan de gestion national, l'Autorité Combinée du Grand Manchester (GMCA), en charge de l'élimination des déchets, s'est fixé un objectif de zéro déchet en décharge.

Le GMCA a signé en 2009 un contrat de 25 ans pour le recyclage et la gestion des déchets (PFI). Ce contrat a généré un vaste programme de construction et la création d'un réseau de 43 installations de gestion des déchets.

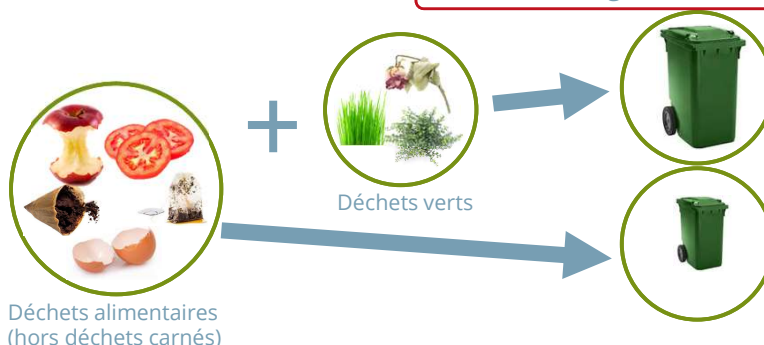
Le GMCA développe actuellement une nouvelle stratégie de gestion des biodéchets, pour se conformer à la stratégie nationale sur les ressources et les déchets<sup>1</sup>, qui vise à proposer un traitement approprié des biodéchets et leur collecte en plus grande quantité. Un des changements importants pour le GMCA pourrait être causé par l'instauration d'une obligation de collecter séparément les déchets alimentaires des déchets verts en C1 sur la totalité de l'Angleterre<sup>1</sup>. Cela aurait un impact sur les infrastructures et sur les moyens de collecte. Plusieurs scénarios sont en discussion. Les déchets alimentaires pourraient être envoyés en méthanisation par voie humide et les déchets verts en compostage en andain. Les deux flux pourraient être valorisés en méthanisation par voie sèche ou en compostage en milieu fermé comme c'est le cas actuellement. La question des sites d'implantation de ces nouvelles infrastructures se pose également. Les biodéchets pourraient être traités au sein des infrastructures existantes (capacités très restreintes), dans des infrastructures construites sur les sites de transfert du GMCA ou sur de nouveaux sites.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets est réalisée par chacune des villes du Grand Manchester. Celle de Manchester est effectuée en C1 en porte-à-porte (en C0,5 en hiver). Des bacs verts de différentes tailles (55, 140 et 240 L) sont proposés. Les déchets verts sont acceptés avec les déchets alimentaires pour les usagers ayant un bac de grand volume. Les déchets alimentaires doivent être mis dans des sacs compostables avant d'être déposés dans le bac. Manchester ne se charge pas de la collecte des biodéchets provenant des professionnels. Des entreprises spécialisées proposent néanmoins ce service.

Utilisation obligatoire des sacs compostables

### Déchets acceptés



<sup>1</sup>: Obligation issue de la stratégie anglaise

### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Quatre installations de compostage en milieu fermé
- Temps de fermentation: entre 10 et 14 jours
- Temps de maturation : 6 semaines



Année de démarrage : 2009



Fermé depuis juin 2019 → valorisation des biodéchets dans d'autres installations de compostage du Royaume-Uni



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 175 000 t/an de capacité ; 162 570 tonnes valorisées en 2012/2013
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires et déchets verts collectés auprès des ménages

##### Compost

Déchets alimentaires et déchets verts valorisés en compost selon la norme britannique PAS 100. Cette norme garantit son utilisation comme compost polyvalent sans tourbe<sup>2</sup>. La vente de compost a débuté en 2013. L'achat du compost se faisait en sacs de 20L (1,5 £) , 40 L (2,84 £) et 60 L<sup>2</sup>.

- Compost utilisé en horticulture et en agriculture comme amendement organique
- Compost mélangé à des sous-produits forestiers comme la sciure pour pouvoir être utilisé par les particuliers.



Localisations : Rochdale, Stockport, Trafford et Bolton (tous dans le Grand Manchester)



#### Maitre d'ouvrage et exploitant :

Public Maitre d'œuvre : GMCA

Privé Exploitant : Suez, contrat principal de services de gestion



Installation de Rochdale

### Éléments marquants

- Valorisation des déchets alimentaires et déchets verts en compost respectant la norme britannique PAS 100, pour les professionnels et particuliers
- Vente du compost aux particuliers
- Fermeture des installations de compostage en juin 2019

### Éléments à creuser

- Cause de la fermeture des installations de compostage
- Réorganisation prévue pour se conformer à l'obligation nationale de séparer DA et DV

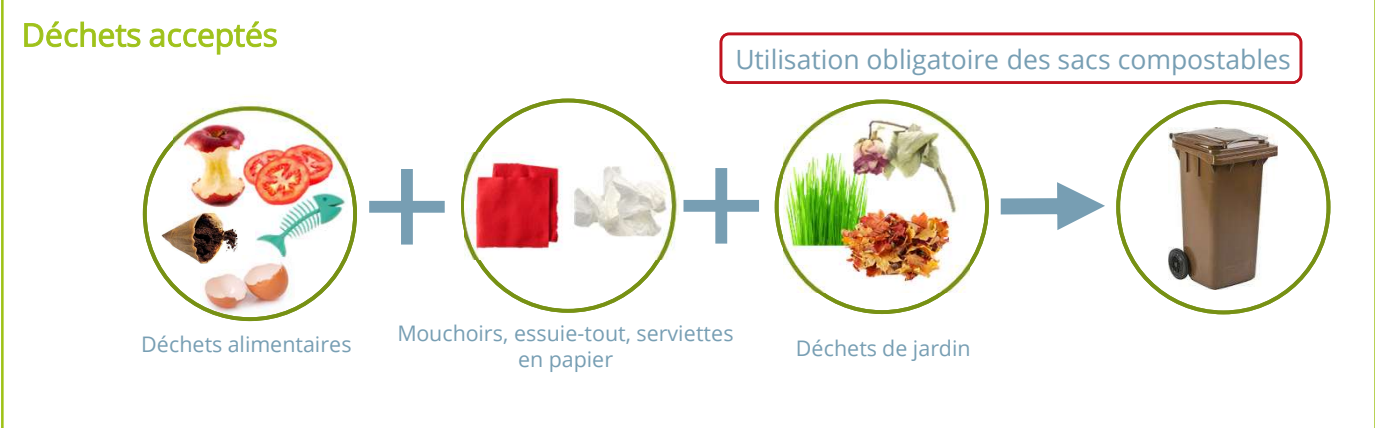


### Contexte de la gestion des biodéchets

La transposition de la directive européenne sur la mise en décharge 1993/31/CE limite l'enfouissement de la matière organique à moins de 85 kg/hab./an en 2018. Un premier objectif national relatif à la collecte séparée (tous flux confondus) a été fixé en 1997. Il visait 35 % de collecte séparée d'ici 2023. Un deuxième objectif a été fixé en 2006, visant une amélioration du taux de collecte séparée de 40 % en 2007 à 65 % en 2012. Une majoration de 20 % de la taxe sur l'enfouissement est prévue pour les communes ne respectant pas cet objectif. En 2011, Milan avait un taux de collecte séparée de 35 %. Le maire a alors pris la décision de mettre en place la collecte séparée des biodéchets sur son territoire.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de Milan est gérée par l'entreprise « Azienda Milanese Servizi Ambientali » (AMSA), qui fait partie du groupe A2A. AMSA collecte la totalité des Milanais depuis 2014 ainsi que 12 autres communes de la ville métropolitaine de Milan. 1,75 millions de personnes ont alors accès au service. Les gros producteurs sont collectés depuis plus de 20 ans. La collecte se fait en porte-à-porte en C2 pour les ménages et en C7 pour les gros producteurs. Les biodéchets sont à déposer dans des sacs compostables puis dans des bacs marron. L'utilisation d'autres types de sacs est interdite.



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation par voie humide
- Digesteurs alimentés en continu en régime thermophile



**Année de démarrage :** 1997 avec plusieurs améliorations du process au cours du temps



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 695 000 t/an<sup>1</sup> dont plus de 125 000 provenant de l'AMSA
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires, textiles sanitaires et déchets de jardin collectés auprès des ménages et professionnels

Biogaz

Digestat



Electricité injectée sur le réseau : 15 800 kWh/an<sup>1</sup>, l'équivalent de la consommation annuelle d'électricité de 125 000 habitants



Production de chaleur : 14 800 kWh/an<sup>1</sup>



Biométhane valorisé en biocarburant : 75 000 000 m<sup>3</sup>/an<sup>1</sup>, soit l'équivalent de 1 500 millions de km en voiture par an

CO<sub>2</sub> liquide à usage industriel : 70 000 t/an<sup>1</sup>



Site de Montello Spa



**Localisation :** Montello (65 km de Milan)



#### Maitre d'ouvrage et exploitant :

privé

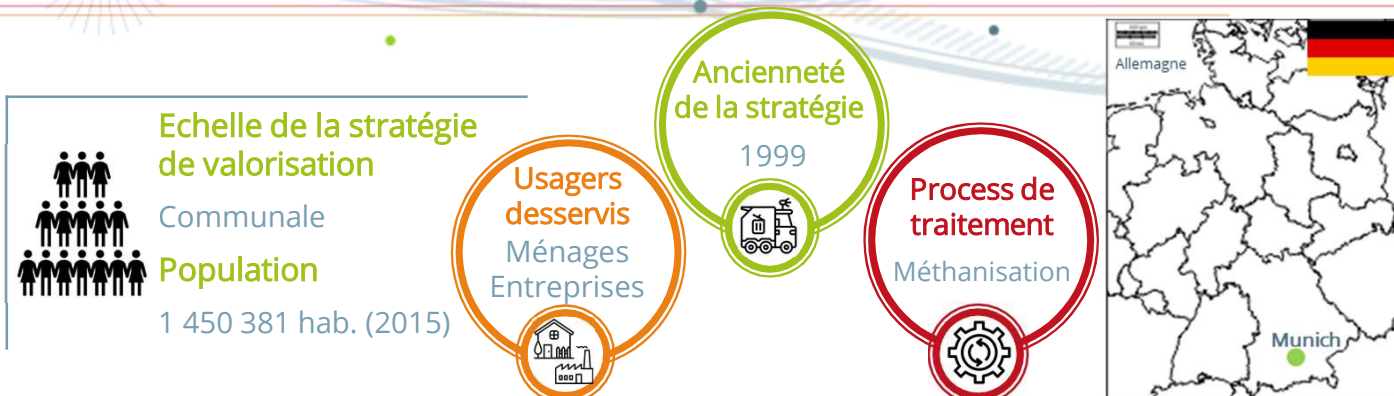
Montello Spa : valorisation et recyclage des déchets d'emballages plastiques et des biodéchets

### Éléments marquants

- Production de méthane et CO<sub>2</sub> en simultané

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Process de prétraitement et de digestion des biodéchets



### Contexte de la gestion des biodéchets

La loi sur la gestion des déchets allemande (KrWG) revue en 2012 oblige les producteurs de déchets et les autorités chargées de la gestion des déchets à collecter séparément les biodéchets depuis janvier 2015. Cette loi est concrétisée dans l'ordonnance sur les biodéchets (BioAbfV).

La ville de Munich a été précurseur de ce contexte national, puisque le tri en porte-à-porte selon 3 flux (déchets résiduels, déchets de papiers et biodéchets) a été instauré dès 1999. La collecte des emballages et du verre est réalisée via des points d'apport volontaire. La ville s'est fixé comme objectifs d'augmenter le taux de recyclage et de valorisation matière et de posséder des installations de traitement éco-efficaces. Par ailleurs, la ville considère le retour au sol d'un engrais de haute qualité comme un enjeu prioritaire.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de la ville de Munich est assurée par la structure publique AWM, régie de la ville de Munich. Le service de collecte des biodéchets a démarré en 1999. Ce service est compris dans la part fixe de la tarification incitative des ménages (part variable dépendante du volume et de la fréquence de collecte des OMR).

La collecte se fait en porte-à-porte en C0,5 à l'aide de bacs marrons de 120 L ou 240 L. En cas de manque de place pour entreposer les bacs de collecte des biodéchets, il est possible de partager celui d'un immeuble ou d'une maison voisine. Des conteneurs de 2500 L sont également proposés aux habitants d'immeubles et aux entreprises. Un bioseau non ajouré d'environ 7 L est offert à chaque foyer. Les sacs en plastique compostables ne sont pas acceptés. Il est demandé d'utiliser des sacs en papier ou du papier journal.

Des contrôles de la qualité du tri sont réalisés avec l'apposition de cartons jaunes (communication sur le geste de tri) et de cartons rouges (forte pollution et collecte du bac biodéchets avec les OMR).



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation
- Dix digesteurs par voie sèche (fonctionnement de type « batch » avec recirculation du lixiviat)
- Temps de séjour des biodéchets dans les digesteurs : 4 à 5 semaines



Localisation : Munich



#### Maitre d'ouvrage et exploitant :

- Privé Construction de l'unité pilote par BEKON Energy Technologies GmbH & Co. KG
- Public Unité reprise, agrandie et gérée par AWM



#### Année de démarrage :

2003 (unité pilote)  
2008 (unité mise en service par AWM)



Méthaniseur



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 25 000 t/an<sup>1</sup>
- Diversité des intrants : Déchets de cuisine et de jardin des ménages, déchets de marchés

Biogaz  
1 800 000 m<sup>3</sup>/an<sup>1</sup>

Digestat  
17 000 t/an<sup>1</sup>



Electricité injectée directement sur le réseau et couvrant les besoins de 1 300 ménages (2 300 000 kWh en 2016)



Chaleur utilisée pour chauffer les digesteurs et un bâtiment agricole voisin ainsi que pour le séchage de plusieurs flux de matières



Digestat composté sur le site et permettant la production annuelle de 9000 tonnes<sup>1</sup> de compost utilisé en agriculture, en horticulture et dans le secteur privé. Compost vendu dans les centres de recyclage. Compost utilisable en agriculture biologique depuis 2014.

### Éléments marquants

- Contrôle élevé de la qualité du tri au moment de la collecte des bacs
- Fonctionnement de type « batch » avec recirculation du lixiviat
- Production d'un compost utilisable en agriculture biologique

### Éléments à creuser

- Modalités et conséquences de la reprise d'une unité privée par une structure publique

<sup>1</sup> : Capacité maximale de l'usine

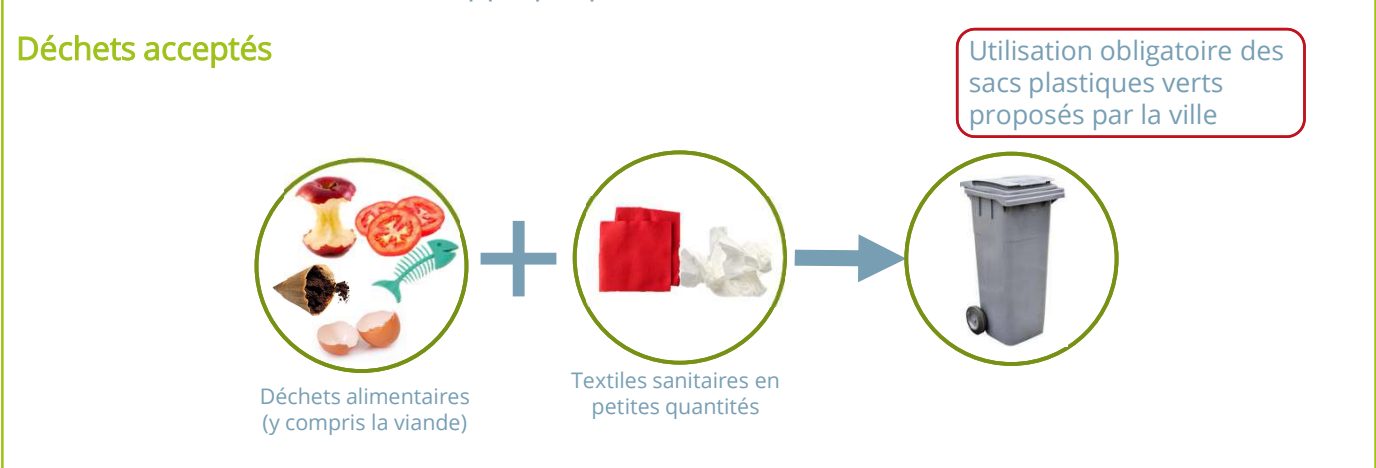


### Contexte de la gestion des biodéchets

Oslo s'est fixé comme objectif global de réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> de 50 % d'ici 2030 (par rapport à 1990) et de devenir neutre en carbone d'ici 2050. La ville a alors instauré un système de gestion intégré des déchets en 2006 visant à établir une société de « recyclage et réutilisation ». La stratégie s'appuie sur des stratégies nationales et soutient la hiérarchisation de la gestion des déchets. Afin d'éviter l'incinération et la mise en décharge, Oslo a mis en place en 2012 un système de gestion circulaire des déchets qui comprend, entre autres, le recyclage, la production de biogaz et d'engrais bio à partir de biodéchets. La ville a d'ailleurs reçu (avec Cambi AS) le prix de l'innovation du Norwegian Research Council en 2012 pour leur approche autour des déchets et de leur usine de production de biogaz et d'engrais bio.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets d'Oslo est généralisée à tous les ménages depuis 2012. Elle est effectuée en porte-à-porte par l'agence pour la gestion des déchets (REN). Chaque ménage dispose d'un bac dans lequel il doit mettre les biodéchets (sac vert), les emballages plastiques (sac bleu) et les déchets résiduels (sac blanc). Ces sacs sont envoyés dans une usine pour être séparés par trieur optique. Les sacs de biodéchets sont ensuite envoyés vers une unité de méthanisation. Une redevance incitative est appliquée pour l'accès à la collecte.



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation : unité la plus grande de Norvège
- Broyeur pour ouvrir les sacs et réduire la taille des intrants, séparation des métaux et séparation des indésirables dans des bio-séparateurs (ajout d'eau)
- Trois digesteurs de 3 200 m<sup>3</sup> chacun
- Temps de séjour des biodéchets à 38°C: environ 24 jours



Année de démarrage : 2012



Localisation : Oslo



Maitre d'ouvrage et exploitant :

public Oslo Municipal Waste-to-Energy Agency (EGE)



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 50 000 t/an  
30 000 t/an reçues dont 18 000 t/an provenant d'Oslo
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires et textiles sanitaires collectés auprès des ménages, déchets issus d'industries alimentaires et fumier



Unité de méthanisation

Biogaz  
2 700 000 Nm<sup>3</sup>/an<sup>1</sup>



Biogaz converti sous forme liquide pour économiser les coûts de logistique et de transport puis valorisé en biocarburant pour les camions de collecte des déchets (67 camions<sup>1</sup>) et pour les bus de la ville (150 bus<sup>1</sup>). Une partie du biogaz utilisé par les bus est produite à partir de boues de STEP (valorisation des boues sur un site différent de celui où se fait la valorisation des déchets alimentaires).

Digestat



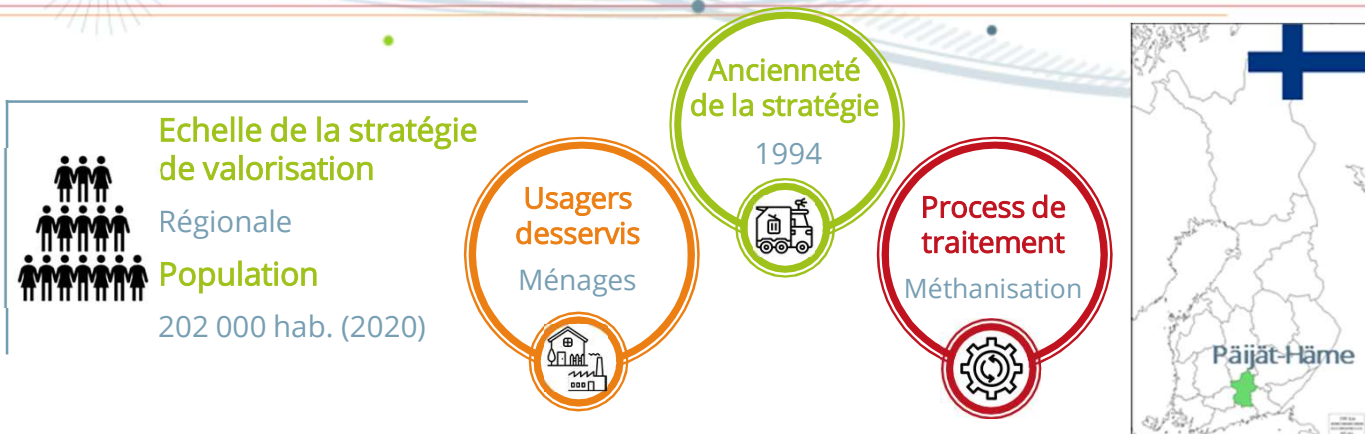
90 000 m<sup>3</sup>/an d'engrais liquide<sup>2</sup>  
15 000 m<sup>3</sup>/an d'amendement<sup>2</sup>  
12 000 m<sup>3</sup>/an de fertilisants concentré<sup>2</sup>  
Ces fertilisants sont de haute qualité et approuvés comme fertilisants écologiques.

### Éléments marquants

- Labellisation bio des digestats
- Collecte en sacs multiflux dans un même bac 3 flux (biodéchets, OMR, emballages)

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Procédés de valorisation des digestats
- Complémentarité des intrants
- Procédé de prétraitement (bio-séparateur)



### Contexte de la gestion des biodéchets

La construction d'une installation de traitement des biodéchets résulte du besoin des propriétaires du centre de traitement des déchets mais également de la stratégie des pouvoirs publics. Une plateforme de compostage a tout d'abord été mise en route (2005) mais des nuisances olfactives ont notamment conduit à la création d'un méthaniseur (2014).

La région avait également la volonté d'être un leader sur le plan environnemental et de pouvoir bénéficier des profits liés à la vente du biogaz produit.

L'installation de valorisation organique traite à la fois des biodéchets et des boues d'épuration issues du traitement des eaux usées. Les biodéchets proviennent des ménages, des commerces et des industries (y compris agriculture, sylviculture, pêche et horticulture). La provenance des biodéchets ménagers se limite aux frontières de la région.

Le compostage domestique est privilégié pour les maisons individuelles ainsi que pour les logements collectifs de moins de 10 appartements lorsque cela est possible.

### Collecte des biodéchets

La collecte des ménages est réalisée à l'aide de bacs individuels ou de conteneurs partagés. Elle est assurée a minima en C0,5. Lorsque les conteneurs partagés sont dotés d'un système de refroidissement ou sont partiellement enterrés, la fréquence de collecte est d'au moins une fois toutes les 4 semaines.

La collecte des biodéchets peut se faire à l'aide de sacs biodégradables en amidon de maïs ou dans des sacs en papier ou encore dans du papier journal.



### Traitement et valorisation



Type de process :

- Méthanisation par voie sèche



Année de démarrage :  
2005 (compostage)  
2014 (méthanisation)



Investissement : 15 M€ (méthanisation)



Valorisation :

#### Intrants

- Capacité de traitement : 80 000 t/an (98 % de la capacité utilisée actuellement)
- Diversité des intrants : Biodéchets des ménages, des professionnels et des industries ainsi que boues d'épuration issues du traitement de l'eau usée

↓  
Biogaz  
50 GWh/an



Biogaz injecté sur le réseau de gaz et utilisé en tant que gaz vert ou biocarburant. Production annuelle correspondant à la consommation de 4 500 véhicules particuliers.



Chaleur produite utilisée pour chauffer l'unité de méthanisation (notamment les digesteurs).

↓  
Digestat



Digestat composté sur la plateforme de compostage du site de traitement. 18 000 tonnes<sup>1</sup> de compost sont valorisées en agriculture et pour le jardinage chaque année.



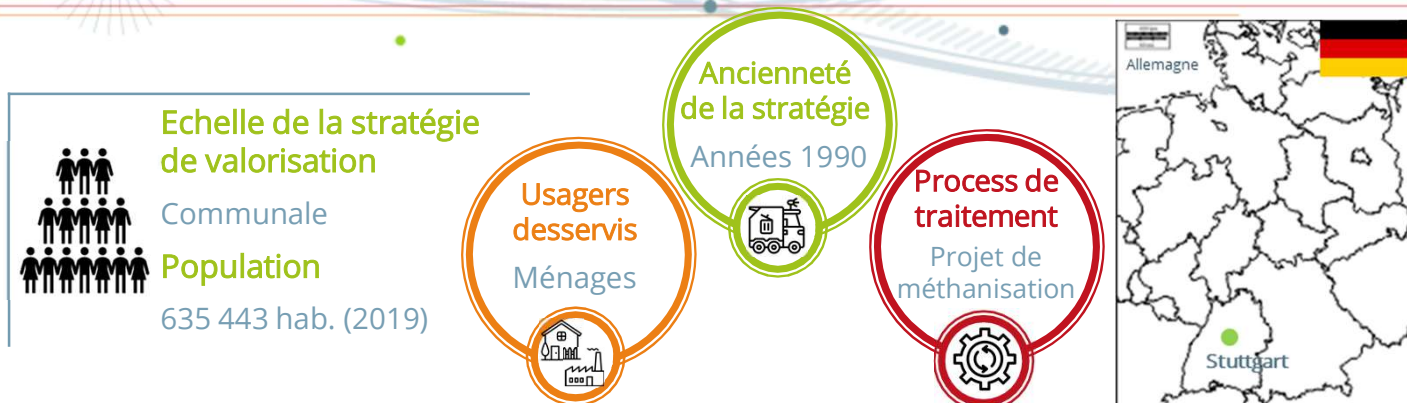
Unité de méthanisation

### Éléments marquants

- Valorisation des biodéchets avec des boues d'épuration (volonté de séparer les deux intrants ; débouchés/acceptation limitée du compost à partir de boues)
- Collecte et traitement réalisés à l'échelle de l'ensemble de la région

### Éléments à creuser

- Système de refroidissement des conteneurs pour espacer les fréquences de collecte
- Process de compostage du digestat et apport en structurant
- Complémentarité des intrants et impact des biodéchets ménagers ainsi que des sacs plastiques (existence d'un pré-traitement) sur le process



### Contexte de la gestion des biodéchets

La loi sur la gestion des déchets allemande (KrWG) revue en 2012 oblige les producteurs de déchets et les autorités chargées de la gestion des déchets à collecter séparément les biodéchets depuis janvier 2015. Cette loi est concrétisée dans l'ordonnance sur les biodéchets (BioAbfV).

La ville prend part au projet pilote « Biotonne richtig nutzen » du ministère de l'environnement du Bade-Wurtemberg dont l'objectif est d'étudier comment la quantité et la qualité des biodéchets peuvent être optimisées dans les logements collectifs.

### Collecte des biodéchets

Les biodéchets de la ville de Stuttgart sont collectés sur la base du volontariat depuis les années 1990. La systématisation de leur collecte séparée correspond à l'instauration du « service complet » en 2019 (service 4 flux : biodéchets, papiers, OMR et emballages recyclables). Les biodéchets acceptés sont les déchets alimentaires (y compris déchets carnés), les déchets de jardin ainsi que les litières organiques. Le bac brun alloué à la collecte des biodéchets est collecté en C1. Trois tailles sont disponibles : 60 L, 120 L et 240 L. Le conteneur de 60 L est en fait un bac de 120 L dans lequel est placée une cuve-réductrice.

Les sacs en plastique biodégradables ne sont pas acceptés contrairement au papier journal ou aux sacs en papier.

A contenance égale, la cotisation annuelle du bac biodéchets est plus de deux fois inférieure à celle du bac OMR (qui est collecté généralement une fois toutes les deux semaines). Le tarif de la cotisation biodéchets dépend fortement du volume du bac choisi (tarif près de deux fois supérieur entre les bacs 60/120 L et entre les bacs 120/240 L).

#### Déchets acceptés

Utilisation de sacs en papier ou du papier journal



### Traitement et valorisation

Le conseil municipal de la ville de Stuttgart a adopté en juillet 2015 un projet de construction d'une unité de méthanisation des biodéchets. L'installation devrait être mise en œuvre sur la commune de Zuffenhausen en 2022. Sa capacité prévue est de 30 000 à 35 000 tonnes de biodéchets traitées annuellement. Le budget estimé du projet est d'une vingtaine de millions d'euros.

Actuellement, les biodéchets sont valorisés sur des plateformes de compostage principalement situées dans le Bade-Wurtemberg.

### Éléments marquants

- Cotisations incitant au tri et à la réduction des quantités produites

### Éléments à creuser

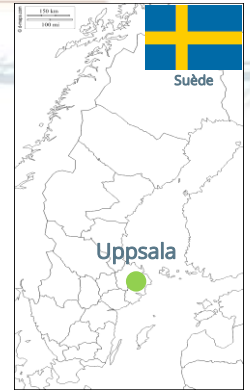
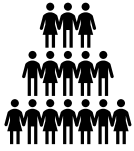
- Résultats de l'étude pilote sur les biodéchets en habitat collectif
- Raisons du passage d'un process de compostage à une unité de méthanisation
- Éléments de dimensionnement du projet de méthanisation : intrants (types, quantités), procédé (voie sèche, voie humide), valorisation des débouchés (injection, retour au sol...)

### Echelle de la stratégie de valorisation

Intercommunale

### Population

Plus de 230 000 hab. (2020)



## Contexte de la gestion des biodéchets

Depuis 2005, il est interdit d'envoyer des déchets organiques en décharge en Suède. Une taxe sur l'incinération des déchets a été instaurée en 2006 afin de favoriser, entre autres, la valorisation de la matière organique. Elle a finalement été abrogée en 2010 car elle n'avait aucun effet sur le taux de valorisation.

La ville d'Uppsala s'est fixée des objectifs climatiques ambitieux, ce qui lui a valu d'être nommée lauréate mondiale du One Planet City Challenge 2018 du WWF. Elle souhaite développer le biométhane, notamment pour l'utiliser comme carburant pour les transports publics de la ville et de la région. Pour ce faire, elle effectue des investissements réguliers dans ses infrastructures, que ce soit pour son usine de méthanisation ou le développement de son réseau de gazoducs.

## Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de la ville d'Uppsala est gérée par le service municipal en charge de l'eau, de l'assainissement et de la gestion des déchets (Uppsala Vatten). Il collecte également les biodéchets de plusieurs ville du comté. La collecte se fait en porte-à-porte auprès des ménages. Depuis 2020, ces derniers doivent mettre leurs biodéchets dans des sacs en papier (distribution par Uppsala Vatten) avant de les déposer dans leur bac. Les sacs en plastique ont été interdits pour éviter de perturber le processus de digestion des biodéchets et la présence de plastique dans le digestat. Les ménages disposent également d'un bioseau ajouré pour stocker leurs biodéchets au préalable.

### Déchets acceptés



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation
- Déconditionnement des produits sous emballage et séparation des déchets indésirables
- Deux digesteurs de 2 300 m<sup>3</sup>
- Digestion des biodéchets en milieu thermophile à 52 °C pendant 30 jours



Année de démarrage : 1996



#### Valorisation :

- Lors du lancement de l'usine de méthanisation, seuls les fumiers et les déchets issus d'abattoirs étaient utilisés comme matières premières. Les déchets alimentaires provenant des ménages sont valorisés depuis 2006.



Localisation : Uppsala



Maitre d'ouvrage et exploitant :

Public

Construction et gestion par Uppsala Vatten



Unité de méthanisation

#### Intrants

- Capacité de traitement : 40 000 t/an  
50 000 t/an traitées dont 30 000 tonnes issus de déchets alimentaires des ménages et le reste de déchets d'abattoirs et d'autres producteurs de biodéchets (industries agro-alimentaires ou pharmaceutiques, commerces, etc.)
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires, collectés auprès des ménages, des abattoirs et autres producteurs de biodéchets

Biogaz  
5 300 000 Nm<sup>3</sup>/an

Digestat  
60 000t/an



Biogaz valorisé en biocarburant : 4 600 000 Nm<sup>3</sup>/an<sup>1</sup> pour alimenter les bus urbains



Biogaz valorisé pour produire de la chaleur dans une chaudière à gaz de l'usine : environ 53 000 Nm<sup>3</sup>/an<sup>1</sup>



L'excédent est brûlé en torchère



Digestat liquide valorisé en engrais afin d'être utilisé en agriculture : 60 000 t/an

### Éléments marquants

- Existence de l'unité depuis 1996 avec des investissements continus au niveau des infrastructures

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Nouveaux travaux depuis 2018
- Contraintes liées à la valorisation des déchets d'abattoirs

**Echelle de la stratégie de valorisation**  
Départementale

**Population**  
330 000 hab. dans le comté de Västmanland (estimation 2021) dont 110 877 hab. (2010) à Västerås

**Usagers desservis**  
Ménages  
Entreprises

**Ancienneté de la stratégie**  
1997

**Process de traitement**  
Méthanisation



### Contexte de la gestion des biodéchets

Depuis 2005, il est interdit d'envoyer des déchets organiques en décharge en Suède. Une taxe sur l'incinération des déchets a été instaurée en 2006 afin de favoriser, entre autres, la valorisation de la matière organique. Elle a finalement été abrogée en 2010 car elle n'avait aucun effet sur le taux de valorisation.

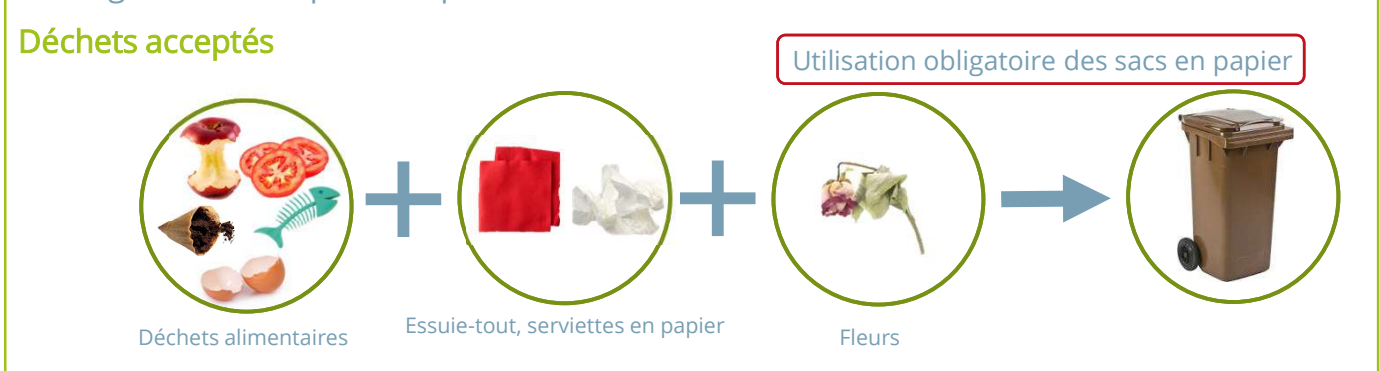
La collecte séparée des biodéchets a été mise en place dans toutes les villes du comté de Västmanland entre 1997 et 2001.

Le plan de gestion des déchets 2020-2030 de VafabMiljö (entité de gestion et de recyclage des déchets appartenant aux villes du comté de Västmanland) prévoit l'épandage de la totalité du digestat produit lors de la méthanisation d'ici 2030.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de le comté de Västmanland et des villes de Heby (2 550 hab.) et de Enköping (25 021 hab.) est effectuée par VafabMiljö. La collecte se fait en porte-à-porte auprès des ménages, des restaurants et autres producteurs similaires.

Les usagers ont l'obligation d'utiliser des sacs en papier pour emballer les biodéchets avant de les déposer dans le bac marron. Les sacs en amidon de maïs ou autres sacs biodégradables ne peuvent pas être utilisés.



### Traitement et valorisation



Type de process :

- Méthanisation
- Temps de séjour des biodéchets en milieu thermophile : 20 jours



Année de démarrage : 2005



Localisation : Västeras



Maitre d'ouvrage et exploitant :

Public VafabMiljö : gestion et recyclage des déchets



Unité de méthanisation



Valorisation :

#### Intrants

- Capacité de traitement : 23 000 t/an<sup>1</sup> actuellement, projet d'extension à 40 000 t/an
- Diversité des intrants : Déchets alimentaire, essuie-tout, serviette en papier et fleurs collectés auprès des ménages et des restaurants (18 000 t/an<sup>1</sup>), boues d'élimination des bacs à graisse (3 500 t/an<sup>1</sup>), déchets alimentaires emballés ou non (1 500 t/an<sup>1</sup>)

Biogaz  
15 000 MWh/an<sup>2</sup>

Digestat  
21 500 t/an<sup>2</sup>

 Biogaz valorisé en biocarburant : équivalent à 3,8 millions de litres d'essence par an<sup>1</sup>

 Digestat liquide valorisé en engrais

 Digestat solide valorisé en amendement

### Éléments marquants

- Long retour d'expérience
- Diversité des intrants (biodéchets, boues, déchets emballés)

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Process de méthanisation
- Présence d'une unité de déconditionnement (déballage des déchets emballés)
- Valorisation du digestat



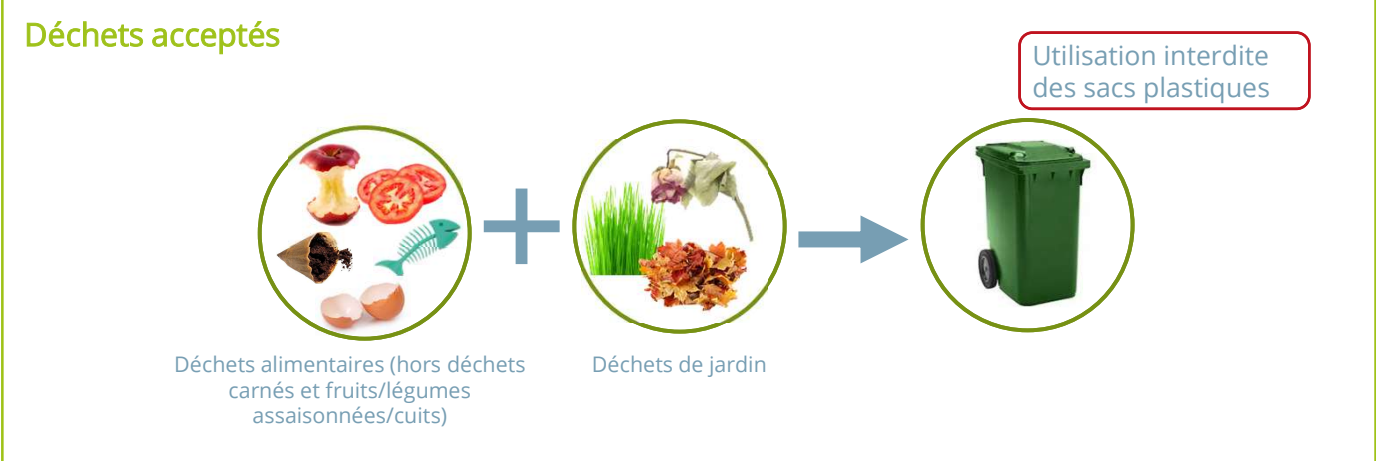
### Contexte de la gestion des biodéchets

Le gouvernement autrichien a publié l'ordonnance sur la collecte séparée des biodéchets en 1992. Elle exige la collecte séparée des biodéchets à moins que ces derniers soient valorisés par le ménage ou le producteur (ex. compostage de proximité). En 2004, le gouvernement limite la présence de déchets organiques dans les décharges à travers la mise à jour de l'ordonnance sur les décharges de 1996. La valeur limite de la teneur totale en matière organique a été fixée à 5 % de matière sèche.

En 1991, l'objectif principal de la gestion de biodéchets de Vienne était la production de compost de haute qualité. Les déchets alimentaires sont maintenant méthanisés compte tenu de leur teneur en humidité trop importante pour le procédé de compostage.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de Vienne est gérée par le service de la ville depuis 1991. La collecte se fait en porte-à-porte en C1 sauf en hiver (C0,5). La collecte se fait en bac. Les sacs plastiques sont interdits.



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation
- Séparation des déchets indésirables et broyage des déchets dans un pulpeur
- Digesteur en voie humide mésophile
- Temps de séjour des biodéchets à 37°C : 20 jours



Année de démarrage : 2007  
2015 (valorisation du biogaz)



Localisation : Vienne



Maitre d'ouvrage et exploitant :

privé Exploitation par le service en charge de la gestion des déchets de Vienne



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 22 000 t/an<sup>1</sup>
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires et déchets de jardin collectés auprès des ménages (45 %) et des professionnels (55 %)

Biogaz  
1 500 000 Nm<sup>3</sup>/an<sup>1</sup>

Digestat  
2 500 t/ an<sup>1</sup>



Biométhane valorisé en gaz naturel (passage de 64 % à 99 % de CH<sub>4</sub>) puis injecté sur le réseau pour chauffer 1 000 foyers<sup>1</sup>.



Digestat valorisé en compostage

Unité de méthanisation



### Éléments marquants

- Long retour d'expérience

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Valorisation du digestat en compostage



### Contexte de la gestion des biodéchets

L'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets publiée par le Conseil fédéral Suisse (décembre 2015) impose la valorisation des biodéchets s'il est économiquement possible de mettre en place une collecte spécifique. A défaut, une valorisation énergétique ou un traitement thermique doivent, si possible, être mis en place.

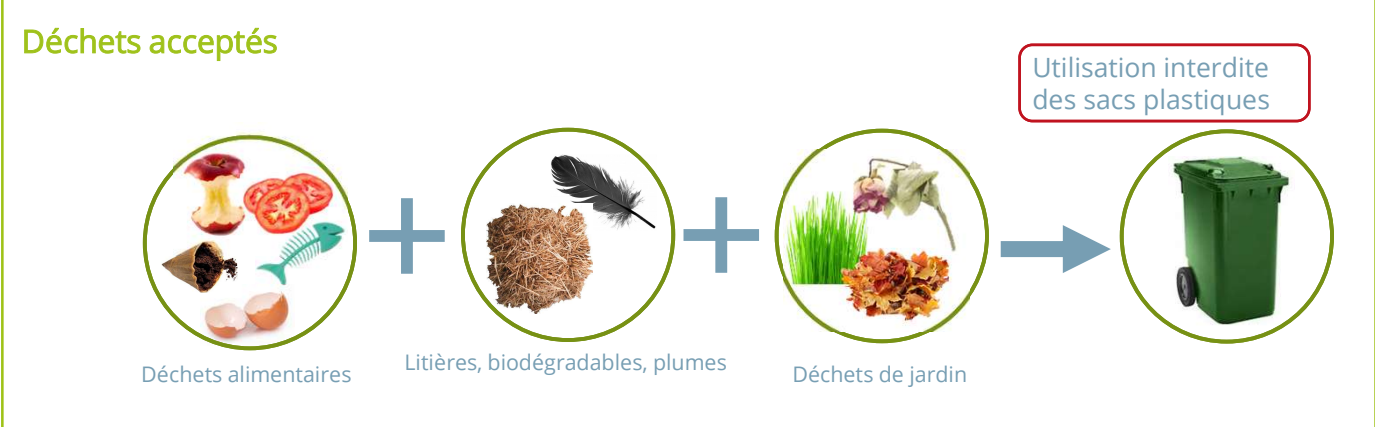
En 2002, une motion sur la collecte séparée des biodéchets et leur valorisation a été émise. En octobre 2010, le conseil municipal adopte la directive 492 du 24 mars 2010 sur la collecte et la valorisation des biodéchets. Le principal objectif est de contribuer au développement durable de la région par une gestion respectueuse de l'environnement des biodéchets qui comprend la récupération d'énergie renouvelable et la production d'un engrais de haute qualité.

Les premiers biodéchets sont valorisés en juin 2013.

### Collecte des biodéchets

La collecte des biodéchets de Zurich est réalisée par le service d'élimination des déchets de la ville. Les ménages et les professionnels doivent souscrire à un abonnement pour avoir accès à ce service. La collecte se fait en C1 en cas de souscription à l'abonnement annuel. L'abonnement saisonnier permet d'être collecté en C1 de mars à novembre et en C0,5 de décembre à février.

Des conteneurs de différentes tailles (140, 240 et 770 L) sont proposés. Les sacs en plastique ne doivent pas être déposés avec les biodéchets.



### Traitement et valorisation



#### Type de process :

- Méthanisation
- Digesteurs de 1 500 m<sup>3</sup> (réacteur de type piston)
- Temps de séjour des biodéchets en milieu thermophile : 14 jours



Année de démarrage : 2013



Localisation : Zurich



#### Valorisation :

##### Intrants

- Capacité de traitement : 25 000 t/an<sup>1</sup>
- Diversité des intrants : Déchets alimentaires et déchets de jardin collectés auprès des ménages et des entreprises (19 000 t<sup>1</sup>), déchets organiques issus des industriels (3 500 t<sup>1</sup>) et déchets verts issus de la gestion des espaces verts (2 500 t<sup>1</sup>)

Biogaz  
66 300 000 kWh/an<sup>1</sup> dont  
13 700 000 kWh/an<sup>1</sup> issus de  
la digestion des biodéchets



Chaleur injectée sur le réseau : plus de 6 000 foyers chauffés<sup>1</sup>



#### Maitres d'ouvrages et exploitants :

Biogas Zürich AG : représentée par 3 actionnaires :

- Public Ville de Zurich (54 %)
- Public Energie 360 °C (36 %) - secteur de l'énergie
- Public Limeco (10 %) - traitement des déchets et des eaux usées, fournisseur de chaleur et d'électricité



Unité de méthanisation

##### Digestat



Digestat utilisé pour inoculer la matière première du digesteur (jusqu'à 40 % de la matière entrante)



Digestat valorisé en engrais par les agriculteurs : 12 000 t/an t<sup>1</sup>

Digestat solide composté pendant 4 semaines pour être utilisé comme amendement par les agriculteurs et les horticulteurs : 10 000 t/an t<sup>1</sup>

### Éléments marquants

- Synergie avec l'usine de traitement des boues d'épuration qui produit de la chaleur pour le méthaniseur et qui produit une partie du biogaz

### Éléments nécessitant un complément d'information

- Recirculation des digestats