HAL
open science

Analyse territoriale du gisement de biodéchets du territoire de la Métropole de Lyon et réalisation d'un plan d'échantillonnage

Marwan Pons

To cite this version:

Marwan Pons. Analyse territoriale du gisement de biodéchets du territoire de la Métropole de Lyon et réalisation d'un plan d'échantillonnage. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2018. dumas-02072906

HAL Id: dumas-02072906

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02072906

Submitted on 19 Mar 2019

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.

Analyse Territoriale du gisement de biodéchets du Territoire de la Métropole de Lyon et réalisation d'un plan d'échantillonnage

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du :

- **Diplôme d'Ingénieur de l'ENGEES, Promotion Freiburg 2015 - 2018**
- **Certificat d'études supérieures : Master Spécialisé en Gestion, Traitement et Valorisation des déchets : option déchets urbains de l'ENGEES.**

Présenté par : Marwan PONS

Soutenue le 10 octobre 2018 à 9h00.

Maître de stage :

Jeanne Bonnet,
Ingénieur d'Études

Stage effectué au sein de PROVADEMSE, Plateforme technologique d'INSAVALOR du 3 Avril au 28 septembre 2018

Référent École :

Jean-Marc Willer, directeur adjoint de l'ENGEES

Ce mémoire est la version non confidentielle est diffusable

Remerciement

Ce travail de fin d'études est l'aboutissement de 6 années d'études dans le supérieur. Le chemin n'a pas toujours été facile, je tiens à remercier sincèrement :

Jeanne Bonnet et pour m'avoir permis d'effectuer ce stage au sein de l'équipe Provademse, d'avoir suivi mon travail et encouragé à améliorer ma qualité de rédaction.

Bernard Sarazin pour son aide et son accompagnement sur toute la partie échantillonnage du projet.

Carole Gaignaire pour avoir pu consacrer du temps afin de m'expliquer des manipulations au laboratoire.

Ainsi que toute l'équipe Provademse : Mohamed Abdelghafour, Christine Bazin, Cendrine Dubuisson, Marie Cécile Girod, Lorena Gonzalez, Marine Laquaz, Karim Lounis, Mario Masapollo, Jacques Méhu, Jean-Louis Six, Jean Philippe Tagutchou, Emmanuel Vernus.

Un stage, c'est une entreprise mais aussi une école, mes remerciements à Jean Marc Willer, Valérie Faux et toute l'équipe administrative et enseignante de l'ENGEES pour leur suivi et leur disponibilité au cours de ces trois années.

Je remercie mes amis « déchets » Lubin Basty, Alexandra Marraud Des Grottes et Samy Vidal, les partages d'expériences ont bien animés cette période de stage !

Merci à mes amis de l'ENGEES pour ces 3 belles années : Azzedine Benmouloud, Jean-Charles Botella, Ilyas Belghali, Alexandre Constant, Jérémy Georges, Thelma Perpes, Pablo Portoles, Arnaud Provost, Paul Rolland, Ludivine Sanchez Arias, Charles Sanseverino, Louise Schneider, Sami Soltani, Ibrahim Touré, Robin Willemet, Lucie Zak.

Merci à mes différents colocataires pour m'avoir permis de partager avec vos notre lieu de vie, notamment Thibaut Paris à Lyon et Pauline Minet à Strasbourg.

Merci à mes parents, Oliver et Nadia Pons, à ma sœur Sirine Pons et toute ma famille pour leur soutien.

Résumé

Les biodéchets sont des déchets fermentescibles présents dès qu'il y a de l'activité humaine. En France, ils sont actuellement collectés et traités en majorité avec les OMR. Les filières spécifiques existent peu, particulièrement en territoire urbain. Ainsi la plateforme Technologique PROVADEMSE coordonne un projet multipartenaire qui s'est monté dans le but d'étudier l'optimisation de la gestion des biodéchets en territoire urbain en vue de leur conversion en méthane.

Ce mémoire présente les travaux effectués au lot Analyse territoriale de ce projet. La méthodologie décrite est une compilation d'études existantes sur le territoire étudié ainsi qu'une méthode d'échantillonnage ponctuelle en vue d'une caractérisation biophysico-chimique.

Les résultats de l'analyse territoriale montrent un gisement fortement marqué par la fraction fermentescible des ordures ménagères et les déchets verts. Ces résultats permettent aussi la sélection de 4 typologies de gisement qui seront échantillonnées et analysés dans la suite du projet. Le plan et la réalisation de cet échantillonnage constitue la dernière partie de ce mémoire.

Mots clefs : Biodéchets, Analyse Territoriale, Echantillonnage, Territoire Urbain, Méthane, Méthanisation, Gazéification.

Abstract

Bio-waste are fermentable which are everywhere human activity is present. In France they are currently collected and treated in majority with the others residual wastes. The specific ways are not common, particularly in urban territory. The PROVADEMSE Technological Platform is coordinating a multi-partner project that has been set up with the aim of studying the optimization of biowaste management in urban areas with a view to their conversion in methane.

This report presents the work that has been done in the Territorial Analysis part of this project. The methodology described is a compilation of existing studies on the studied territory as well as a sampling method for a biophysical-chemical characterization.

The results of the territorial analysis show a deposit strongly marked by the fermentable fraction of household waste and green waste. These results also allow the selection of four types of biowaste that will be sampled and analyzed in the rest of the project. The plan and the realization of this sampling constitute the last part of this memoir.

Key words: Bio-waste, Territorial Diagnosis, Sampling, Urban Area, Methane, Methanization, Gasification.

Sommaire

REMERCIEMENT **3**

RESUME **4**

ABSTRACT **4**

SOMMAIRE **5**

LISTE DES FIGURES **8**

LISTE DES TABLEAUX **9**

LISTE DES ABREVIATIONS **10**

INTRODUCTION **11**

PARTIE 1 : CONTEXTE ET REGLEMENTATION **12**

1. PROVADEMSE : LA PLATEFORME TECHNOLOGIQUE D'INSAVALOR **12**
1.1. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE 12
1.2. HISTOIRE 12
1.3. ACTIVITE 13
2. LES BIODECHETS : UN DECHET FERMENTESCIBLE **14**
2.1. LA REGLEMENTATION 14
2.1.1. Définition réglementaire 14
2.1.2. La réglementation en matière de tri et de collecte des biodéchets 14
2.2. NATURE ET CARACTERISTIQUES 15
2.2.1. Aspect des biodéchets 15
2.2.2. Caractéristiques bio-physico chimiques 16
2.3. LA VALORISATION DES BIODECHETS 16
2.3.1. Filière classique de traitement des biodéchets 16
2.3.2. La digestion aérobie : le compostage 16
2.3.3. La digestion anaérobie : la Méthanisation 16
2.3.4. Une alternative thermo-chimique : la Gazéification 18
2.4. DETERMINER LE POTENTIEL DE VALORISATION DES BIODECHETS 18
2.4.1. Tester le pouvoir calorifique [Confidentiel] 18
2.5.2. Test de Potentiel BioMéthanogène (PBM) [Confidentiel] 18
2.5.3. Tester les aptitudes au prétraitement 18
3. LE PROJET URBANBIOM **19**
3.1. ORIGINE ET OBJECTIF 19
3.2. DEROULEMENT [CONFIDENTIEL] 19

PARTIE 2 : ETABLIR UNE METHODOLOGIE D'ANALYSE TERRITORIALE ET D'ECHANTILLONNAGE DE BIODECHETS ... **20**

1. COMPILER DES ETUDES POUR REALISER UN DIAGNOSTIC TERRITORIAL 20
1.1. PRINCIPE DE COMPILATION 20
1.2. DEFINITION DU PERIMETRE DU GISEMENT ANALYSE 21
1.3. ANALYSE DE L'EXISTANT SUR LE TERRITOIRE 21
1.4. DEFINITION DES CRITERES 22
1.5. EXTRACTION ET COMPILATION DES RESULTATS 24
1.6. PRESENTATION DES RESULTATS 27
2. REALISER UN ECHANTILLONNAGE PONCTUEL EN VUE D'UNE CARACTERISATION BIOLOGIQUE ET PHYSICO CHIMIQUE 28
2.1. SELECTION DES GISEMENTS POUR ECHANTILLONNAGE 28
2.1.1. Définir des critères 28
2.1.2. Définir des contraintes 28
2.2. OBJECTIFS DE L'ECHANTILLONNAGE 28
2.3. ELEMENTS DE REPRESENTATIVITE 29
2.4. PLANIFICATION DE L'ECHANTILLONNAGE 29
2.5. REALISATION, DE L'ECHANTILLONNAGE 29
2.6. STOCKAGE DES ECHANTILLONS 30

PARTIE 3 : APPLICATION AU TERRITOIRE DE LA METROPOLE DE LYON [CONFIDENTIEL] 31

1. CONTEXTE DE L'ANALYSE TERRITORIALE 31
1.1. ETUDES EXISTANTES PRISES EN COMPTE 31
1.2. TERRITOIRE ETUDIE 32
1.3. GISEMENTS ETUDIES 32
1.4. GESTION ACTUELLE DES BIODECHETS SUR LE TERRITOIRE DE LA METROPOLE DE LYON 32
1.4.1. Cartographie des installations de traitement des biodéchets sur le territoire 32
1.4.2. Installations de valorisation en fonctionnement 32
1.4.3. Installations de valorisation en projet 32
1.5. GESTION DE LA FFOM ET DES DECHETS VERTS DES PARTICULIERS 32
2. RESULTATS DE L'ANALYSE TERRITORIALE 32
2.1. EXEMPLE DE LA FFOM 32
1.1.1. Résumé des études 32
1.1.2. Comparaison des études 32
1.1.3. Scénario avec collecte séparée entièrement déployée : comparaison des résultats 32
1.1.4. Scénario avec collecte séparée partielle : comparaison des résultats 32
1.2. RESULTAT FINAL DE L'ANALYSE TERRITORIALE 32
1.2.1. Bilan des caractéristiques des gisements 33
2. PLANIFICATION DE L'ECHANTILLONNAGE 33
3.1. SELECTION DES GISEMENTS POUR L'ECHANTILLONNAGE 33
3.1.1. Définition des critères 33
3.1.2. Définition des contraintes 33
3.1.3. Gisements sélectionnés 33
3.2. PLANIFICATION 33
3.2.1. FFOM 33
3.2.2. Restauration collective 33
3.2.3. Distribution 33
3.2.4. Déchets verts 33
3.3. REALISATION : ILLUSTRATION ET EXEMPLES 33
CONCLUSION ET PERSPECTIVES 34
RESULTATS DU STAGE 34
PERSPECTIVES SUR LA SUITE DU PROJET 34

REFLEXION PERSONNELLE 35

BIBLIOGRAPHIE 36

ANNEXES 38

Annexe 5 : Fiche de prélèvement 38
Annexe 6 : Fiche d'identification 39

Liste des figures

Figure 1 : Historique de PROVADEMSE, source : site internet de Provademse **[3]** 13
Figure 2 : Schéma du périmètre des biodéchets 14
Figure 3 : Schéma simplifié des étapes de la méthanisation **[12]** 17
Figure 4 : Schéma de méthode d'exploitation des résultats 25
Figure 5 : Méthode ADEME de calcul du gisement disponible à partir du gisement brut [BIBLIO]) . 26
Figure 6 : Méthode d'estimation des gisements disponibles 27

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution des seuils réglementaires des gros producteurs de biodéchets et de HAU **[8]** 15
Tableau 2 : Critères biochimiques des gisements 22
Tableau 3 : Critère de dispersion 22
Tableau 4 : Critère de saisonnalité 23
Tableau 5 : Critère de conditionnement 23
Tableau 6 : Critère de Collecte 24
Tableau 7 : Critère de prestation de collecte 24
Tableau 8 : Fiche d'identification d'un prélèvement 38
Tableau 9 : Fiche de prélèvement 39

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie
CNRS	Centre National de Recherche Scientifique
DV	Déchets Verts
FFOM	Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères
HAU	Huiles Alimentaires Usagées
IAA	Industries Agro-Alimentaires
INSA	Institut National des Sciences Appliquées
LTECV	Loi pour la Transition Ecologique et la Croissance Verte
MONS	Matière Organique Non Synthétique
MS	Matière Sèche
OMR	Ordures Ménagères Résiduelles
STEP	Station d'Epuration
SPA	Sous-Produits Animaux
UIOM	Unité d'Incinération des Ordures Ménagères

INTRODUCTION

Les biodéchets sont des déchets biodégradables qui ont la particularité d'être présents dans le monde entier. En effet, à partir du moment où il y a présence d'activité humaine, des biodéchets sont produits. En France, cette fraction de déchets est en grande partie incinérée ou enfouie avec le reste des ordures ménagères résiduelles (OMR).

Les récentes évolutions de la réglementation comme la Loi de 2015 relative à la Transition Energétique pour une Croissance Verte (LTECV) et la loi du 12 juillet 2010 dite Loi Grenelle 2 favorisent de plus en plus la mise en place d'une filière de gestion spécifique de ces biodéchets. En effet leur comportement biodégradable permet de pouvoir les valoriser par méthanisation ou compostage.

Dans ce cadre réglementaire évolutif, et en réponse à l'appel à projets GRAINE de l'ADEME, un projet multipartenaire s'est monté : le projet UrbanBioM. Son but est de réaliser une étude sur la gestion optimisée des biodéchets en vue de leur conversion en méthane en territoire urbain.

En effet en territoire urbain, les flux de biodéchets sont très divers et il semble complexe de généraliser le compostage au vu de l'espace disponible. Les procédés de méthanisation et de gazéification qui permettent d'obtenir du méthane semblent alors être des opportunités pertinentes à développer.

Ce stage intervient sur le premier lot de ce projet, c'est-à-dire la phase d'analyse territoriale.

Ce mémoire se présente en trois grandes parties :

- Mise en contexte du stage, l'entité PROVADEMSE, les biodéchets, le projet UrbanBioM
- Développement de la méthodologie utilisée pour réaliser l'analyse territoriale et l'échantillonnage
- Application de cette méthodologie, la présentation des résultats et de l'échantillonnage

Partie 1 : Contexte et Réglementation

1. PROVADEMSE : la plateforme technologique d'INSAVALOR

1.1. Présentation de l'entreprise

PROVADEMSE est la plateforme d'innovation technologique d'INSAVALOR, la filiale de Recherche et Développement et de Valorisation et Formation Continue de l'INSA de Lyon. Elle soutient le développement des écotechnologies et propose des solutions innovantes pour le traitement, la valorisation des déchets et la dépollution des sols et des sédiments. PROVADEMSE n'a pas d'entité juridique ; c'est ainsi INSAVALOR qui, avec son statut de Société Anonyme (SA), est son opérateur administratif et financier.

Selon le Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation une plateforme technologique « a pour mission d'organiser sur un territoire le soutien à la modernisation des entreprises. La plateforme technologique met ses équipements et compétences au service des entreprises en exécutant des prestations techniques ». PROVADEMSE fait donc partie de ce groupe singulier des plateformes technologiques, en proposant à des entreprises et des collectivités des solutions innovantes qui s'inscrivent dans une démarche de développement durable. **[1]**

Le positionnement de PROVADEMSE est assez particulier, car cette dernière se situe entre les laboratoires de recherche, les bureaux d'études et les entreprises, à l'interface entre la Recherche et le Développement et la mise en œuvre industrielle. En effet, cet entre-deux de la plateforme est assez rare et technique. **[2]**

L'entreprise dispose donc de différents laboratoires d'analyses physico-chimiques et d'écotoxicologie et d'une halle technologique dans laquelle des dispositifs pilotes de gazéification, de digestion anaérobie et aérobie sont installés. Ce sont ces dispositifs pilotes qui servent à réaliser les essais pour les industriels ou les collectivités.

1.2. Histoire

PROVADEMSE est issue de la fusion de deux entités :

- La Division POLDEN de l'INSAVALOR créer en 1988 et
- La plateforme déjà nommé PROVADEMSE créé en 2010. Les 2 entités ont fusionné en 2015.

La figure ci-dessous représente cet historique :

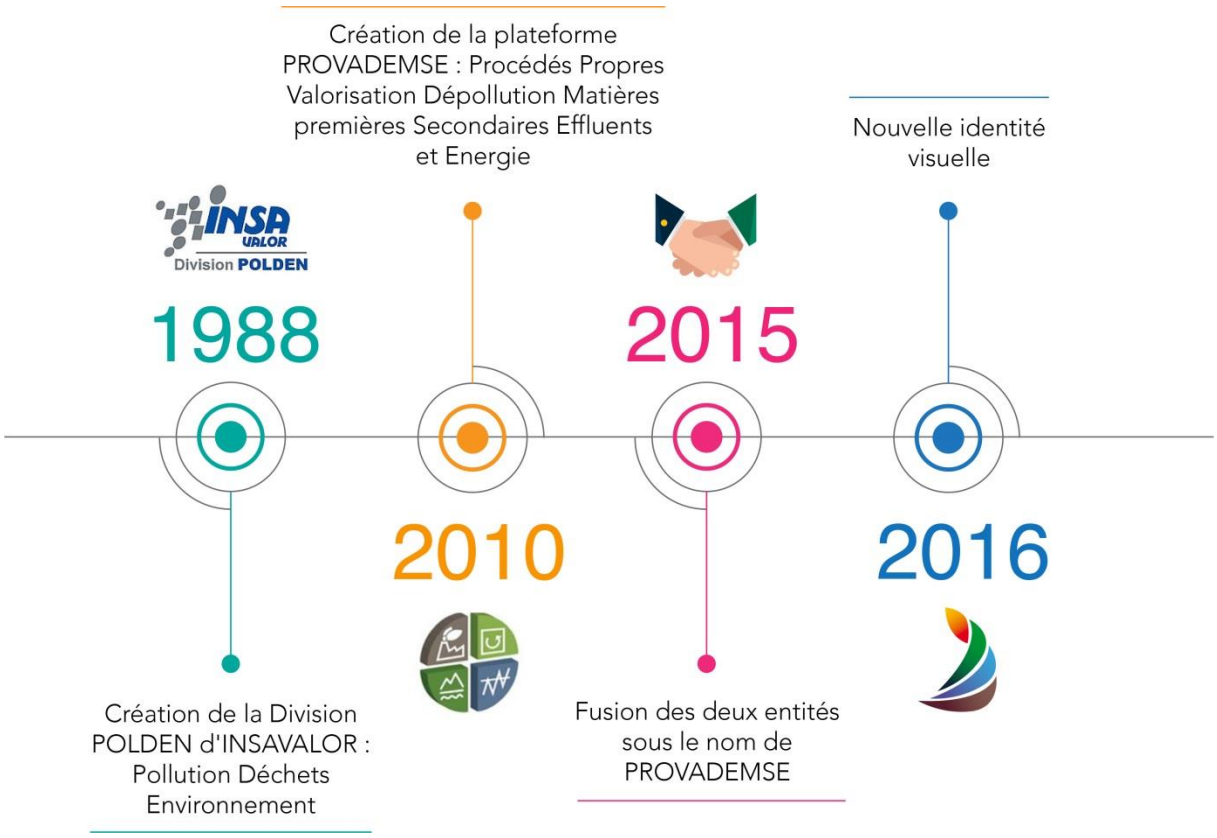

Figure 1 : Historique de PROVADEMSE, source : site internet de Provademse ***[3]***

1.3. Activité

Historiquement PROVADEMSE a beaucoup travaillé sur les aspects de traitements et caractérisation des déchets.

Aujourd'hui le spectre est un peu plus large et est le suivant **[4]**:

- Elaboration de nouvelles matières à partir de résidus
- Transformation de résidus en énergie
- Dépollution des sols
- Environmental Technology Verification (ETV) : Accompagnement en amont du dépôt de dossier pour maximiser les chances de réussite.
- Ecotoxicologie
- Caractérisation Environnementale
- Ecologie Industrielle et Territoriale (EIT) : Réflexion territoriale accompagnée par la mobilisation des acteurs du territoire, pour élaborer des propositions de scénarios adaptés aux enjeux du territoire

2. Les Biodéchets : un déchet fermentescible

2.1. La Réglementation

2.1.1. Définition réglementaire

L'article R541-8 du Code de l'environnement définit les biodéchets comme « tout déchet non dangereux biodégradable de jardin ou de parc, tout déchet non dangereux alimentaire ou de cuisine issue notamment des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que tout déchet comparable provenant des établissements de production ou de transformation de denrées alimentaires. » **[5]**

Le règlement européen (CE) n°1069/2009 dans ses articles 8, 9 et 10 classe les sous-produits animaux en trois catégories sur la base de leur risque potentiel pour la santé humaine et animale et l'environnement. Il est nécessaire de compléter avec une explication sur les sous-produits issus des animaux : Les Sous-Produits Animaux (SPA) sont divisés en 3 catégories en fonction de leur dangerosité **[6]**:

- SPA 1 : Matières présentant un risque important pour la santé
- SPA 2 : Matière présentant un risque moins important pour la santé
- SPA 3 : Matière ne présentant pas de risque sanitaire pour la santé animale ou publique

Les SPA de catégorie 3 sont non dangereux et intégrés dans la famille des biodéchets. Les autres catégories (SPA 1 & 2) qui concernent des produits présentant des risques pour la santé et l'environnement ne sont pas inclues dans la définition des biodéchets.

Ainsi le schéma ci-dessous reprend les différents termes qui peuvent être trouvés et parfois confondus lorsque l'on parle de biodéchets, de biomasse, de fermentescibles, etc.

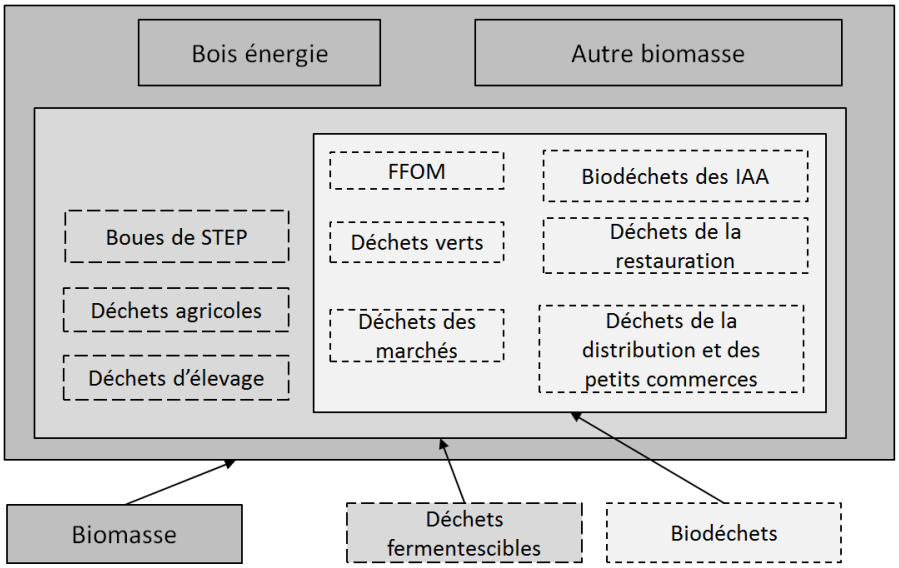

Figure 2 : Schéma du périmètre des biodéchets

2.1.2. La réglementation en matière de tri et de collecte des biodéchets

Il existe deux lois principales pour le tri et la collecte séparée des biodéchets en vue d'une valorisation spécifique, l'une concerne les gros producteurs, l'autre les ménages :

La loi de du 12 juillet 2010 **[7]** « *portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle 2, a instauré une obligation de tri à la source et de valorisation des biodéchets pour les personnes qui en produisent des quantités importantes. Les articles R 543-225 à 27 du code de l'environnement définissent le champ de cette obligation et précisent les conditions dans lesquelles il convient de la mettre en œuvre. Ce texte dispose notamment que :*

- *Les ménages sont exclus de l'obligation de tri, de même que les exploitants d'installations de traitement de déchets ;*
- *Les biodéchets conditionnés peuvent être collectés dans leur contenant ;*
- *Certain biodéchets d'origine animale sont exclus du champ de l'obligation, de même que les liquides autres que les huiles alimentaires et les déchets ligneux d'élagage ou de taille des végétaux valorisés par voie énergétique.*

Un arrêté du 12 juillet 2011 fixe les quantités de biodéchets ou de déchets d'huiles alimentaires produites annuellement au-dessus desquelles leur producteur est soumis à l'obligation d'en assurer le tri à la source en vue de leur valorisation »

Le tableau ci-dessous présente l'évolution des seuils réglementaires :

Année	Seuil biodéchets (t/an)	Seuil HAU (l/an)
2012	120	1500
2013	80	600
2014	40	300
2015	20	150
2016	10	60

Tableau 1 : Evolution des seuils réglementaires des gros producteurs de biodéchets et de HAU ***[8]***

La loi LTECV du 17 août 2015 **[9]** prévoit la généralisation de la collecte séparée des biodéchets des ménages d'ici 2025. Le but de cette loi est de compléter la loi précédemment évoquée et ainsi de pousser les collectivités à développer des voies de valorisation spécifique des biodéchets. Cet objectif permettra de réduire la quantité des OMR qui finissent en incinération ou stockage.

2.2. Nature et caractéristiques

2.2.1. Aspect des biodéchets

Les biodéchets peuvent prendre bien des aspects différents. Le plus commun est celui produit au sein des ménages, c'est-à-dire les restes de préparation et de repas. Il s'y trouvera des épluchures, des trognons, des noyaux, des coquilles d'œufs, des restes de repas, etc.

En dehors des ménages, les producteurs de biodéchets sont multiples, il y a notamment la restauration commerciale et collective, la grande distribution, les industries agro-alimentaires, les déchets de jardin (déchets verts), etc. Les biodéchets générés par ces groupes ont des aspects plus ou moins proche de ceux des ménages. Les plus similaires sont ceux produits par la restauration, il s'y trouvera aussi beaucoup de déchets de préparation et des restes de repas, ces derniers seront en plus grande quantité que chez les ménages. Les biodéchets peuvent aussi être conditionnés, ceux sont alors soit des lots invendus, soit des produits périmés. Enfin pour citer un dernier exemple (les *parties 2 et 3* de ce rapport reviendront sur ce point avec plus de détail) les déchets verts seront constitués de gazons, de branchages, de feuilles, etc.

2.2.2. *Caractéristiques bio-physico chimiques*

Les biodéchets d'origine végétale sont de la matière lignocellulosique qui est constituée de trois polymères étroitement liés : la cellulose, les hémicelluloses et la lignine **[10]**. Cette structure est importante car en fonction du substrat la proportion des 3 polymères varient et l'aptitude du déchet pour une voie de valorisation peut changer. La lignine n'étant pas biodégradable par l'action des micro-organismes.

Les biodéchets de provenance animale (SPA de catégorie 3) sont composés de protéines (dont des enzymes) et d'acides aminés, de sels minéraux, de graisses et d'acides gras, de vitamines et d'autres composants bioactifs, et de petites quantités de glucide.

2.3. La valorisation des biodéchets

Les biodéchets peuvent être valorisés de différentes manières, cette partie présente les différents procédés. Le but n'est pas ici d'entrer dans le détail scientifique et technique de chaque processus, mais de les présenter brièvement afin d'avoir un aperçu de l'ensemble des filières possibles pour les biodéchets.

2.3.1. *Filière classique de traitement des biodéchets*

Actuellement, en France, les biodéchets sont pour la plupart collecté avec les OMR. Ils sont donc traités de la même manière : par incinération ou stockage. Ces deux modes de gestion permettent de récupérer de l'énergie contenue dans les biodéchets sous forme thermique en incinération et sous forme de biogaz en ISDND. Seulement ce ne sont pas les plus optimisés spécifiquement pour les biodéchets.

Ces modes de gestion sont intimement liés avec la collecte des déchets. Il existe encore très peu de collecte séparée spécifique des biodéchets en France même si cela est amené à changer dans les prochaines années.

2.3.2. *La digestion aérobie : le compostage*

Le compostage est un procédé aérobie de transformation biologique de matériaux biodégradables pour former, après maturation, un compost stable et riche en humus **[11].** C'est-à-dire que les bactéries vont venir dégrader la matière organique en présence d'oxygène afin de créer du compost, cette réaction qui dégage de la chaleur, du CO2 de l'H2O permet de créer un compost stable riche en humus.

Les étapes du compostage sont :

- La dégradation (aussi appelée fermentation) : elle se caractérise par une augmentation de la température due à une forte activité biologique.
- La maturation : la température décroit progressivement témoignant d'un changement de flore microbienne pour voir enfin apparaitre des éléments de l'humus.

Le compostage présente l'avantage de ne pas demander d'infrastructures couteuses, sa mise en place est relativement simple tant que le suivi des différents paramètres de sa bonne réalisation est fait.

2.3.3. *La digestion anaérobie : la Méthanisation*

La méthanisation est un processus naturel qui se trouve par exemple dans l'intestin ou dans les tourbières. Il s'agit d'une digestion anaérobie qui produit du biogaz. Autrement dit des bactéries dégradent la matière organique dans un milieu sans oxygène. C'est un processus complexe

faisant intervenir un grand nombre de réactions biochimiques. Le biogaz dégagé est majoritairement composé de dioxyde de carbone (CO_2) et de Méthane (CH_4).

La méthanisation se déroule en 4 étapes principales, la figure ci-dessous a été proposé par Zeikus à l'occasion du premier congrès sur le biogaz et permet de résumer les étapes : [**12**]

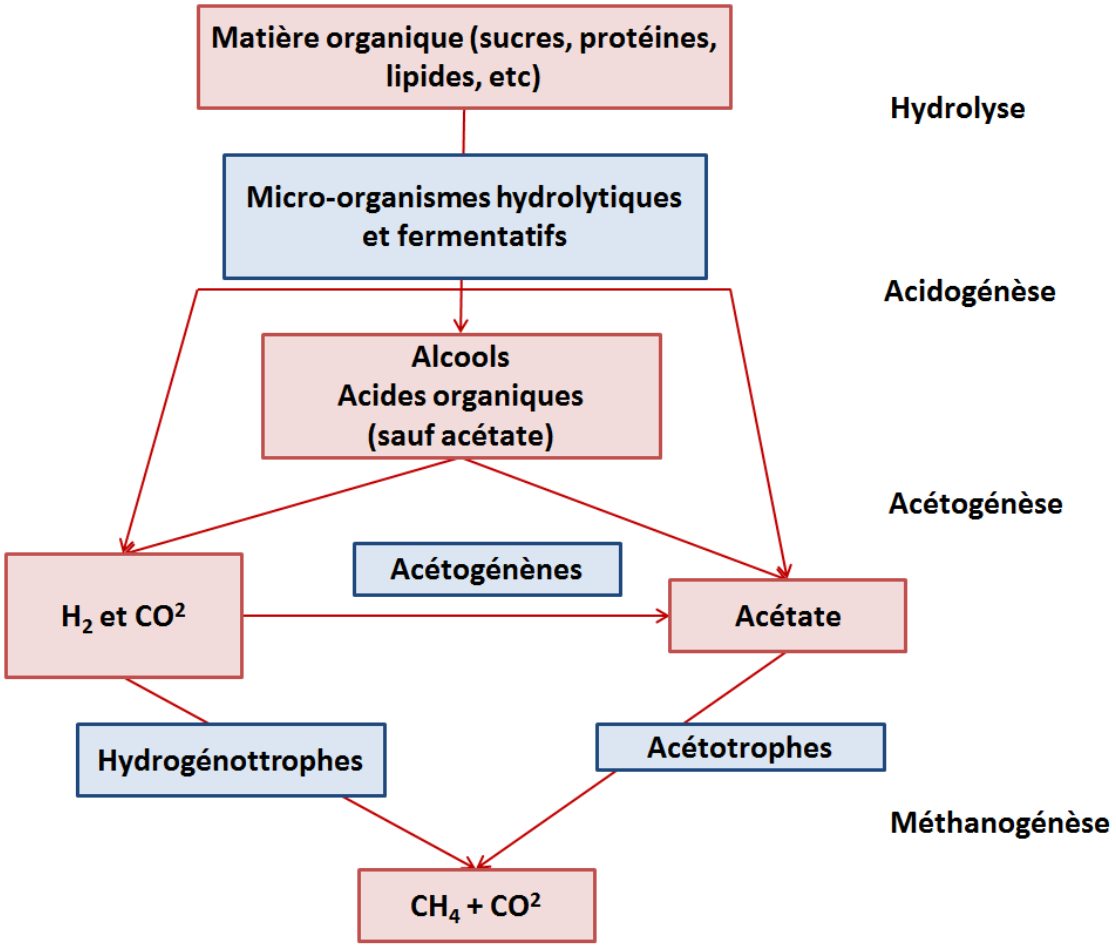

Figure 3 : Schéma simplifié des étapes de la méthanisation ***[12]***

Ces 4 étapes peuvent se décrire de la manière suivante **[13]**:

- Hydrolyse : dégradation par l'action de l'eau de molécules organiques complexes en monomères
- Acidogenèse : production d'acides organiques avec les molécules (monomères) produites lors de l'étape précédente
- Acétogenèse : utilise les produits de l'Acidogenèse afin de former de : Acétate (CH_3COO^-) et H_2 et CO^2
- Méthanogenèse : étape finale, production CH_4 + CO^2 à partir d'acétate, formate, ou d'hydrogène

La méthanisation est une filière de valorisation spécifique des déchets fermentescibles qui se développe beaucoup depuis quelques années, notamment pour les déchets issus de l'agriculture et de l'élevage. Il y a encore peu de biodéchets qui partent en méthanisation

L'avantage de ce procédé, c'est qu'il permet d'obtenir une énergie locale à partir de ressources locales. En effet le biogaz produit peut permettre de produire de la chaleur, de l'électricité ou après une étape d'épuration d'injecter du méthane dans le réseau de gaz.

2.3.4. Une alternative thermo-chimique : la Gazéification

La gazéification est un procédé peu répandu aujourd'hui, mais qui historiquement permettait d'alimenter le gaz de ville. Cela a été abandonné au profit du gaz naturel. Depuis quelques années, de plus en plus d'acteurs s'intéressent de nouveau à ce procédé notamment par rapport à la gazéification de déchets ou de biomasse. C'est une transformation thermochimique qui permet d'obtenir un gaz de synthèse combustible (appelé Syngaz) composé principalement de monoxyde de carbone (CO) et de dihydrogène (H_2).

Les étapes de la gazéification sont : **[14]**

- Le séchage : étape endothermique pendant laquelle l'humidité est évacuée de la biomasse
- La pyrolyse : volatilisation de certaines particules, formation du « char » matrice solide
- Combustion : injection d'air ou le dioxygène permettant une réaction de combustion très exothermique qui permet d'alimenter en chaleur les autres étapes
- Réduction : réaction de gazéification, étape finale où se forme le CO et l'H_2

Le Syngaz alors produit peut avoir plusieurs applications. Il peut être brûlé tel quel afin de produire de la chaleur ou de l'électricité en cogénération. Il est sinon possible de le transformer en autre gaz. En l'occurrence le gaz qui est intéressant est le méthane. Il y aura alors une étape nommée « méthanation », qui suit la réaction suivante :

$$CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_20$$

Cette méthanation est catalytique ou biologique. C'est une étape essentielle si l'on veut pouvoir injecter du méthane dans le réseau à partir de la gazéification. Elle fait l'objet de recherche notamment à travers des projets comme UrbanBioM.

L'avantage de la gazéification est que c'est un procédé plus propre (les étapes de post-traitements sont moins conséquentes) et optimisé que l'incinération, dont la production peut avoir diverses applications. La difficulté réside dans la préparation des combustibles, ils ne doivent pas être trop secs ou trop humides et posséder une granulométrie homogène entre autres, ce qui implique des prétraitements importants.

2.4. Déterminer le potentiel de valorisation des biodéchets

2.4.1. Tester le pouvoir calorifique [Confidentiel]

2.5.2. Test de Potentiel BioMéthanogène (PBM) [Confidentiel]

2.5.3. Tester les aptitudes au prétraitement

Chaque filière de valorisation nécessite de mettre en place des prétraitements plus ou moins conséquent afin de préparer le biodéchet. Il est alors nécessaire de tester les aptitudes aux pré-traitements des biodéchets, par exemple :

- Broyage (homogénéiser la fraction)

- Criblage (trier les éléments indésirables d'une certaine taille)
- Pulpage (injection d'eau)
- Séparation liquide solide, par pressage ou séchage par exemple (séparation liquide solide)
- Séchage (extraire l'humidité des biodéchets)

Ces essais peuvent se réaliser de bien des manières, seuls ou en série et dans des ordres différents. L'objectif est de transformer les biodéchets afin d'optimiser leur pouvoir méthanogène ou leur pouvoir calorifique par exemple.

3. Le Projet UrbanBioM

3.1. Origine et objectif

Le projet UrbanBioM a été monté en réponse à l'appel à projet GRAINE émis par l'ADEME.

L'annexe technique du projet cite : « La maîtrise de la qualité environnementale des biodéchets étant plus problématique **en territoire urbain**, qu'en territoire agricole du fait notamment de l'hétérogénéité des sources et de leurs natures, la valorisation matière (retour au sol) est plus contrainte, et restreinte à certaines « niches » à circuit court et/ou de taille réduite. Les filières énergétiques sont alors susceptibles d'ouvrir des perspectives de valorisation plus larges et prometteuses. C'est sur cette base et dans ce cadre que s'inscrit notre projet visant à une **gestion optimisée des biodéchets en territoire urbain en vue de leur valorisation énergétique par conversion en méthane destiné à l'injection en réseau**. »

Il s'agit d'un projet multipartenaire dont le but est d'étudier l'optimisation de la gestion des biodéchets en territoire urbain en vue de leur conversion en méthane. Le territoire d'application de ce projet est la Métropole de Lyon.

Le projet est coordonné par PROVADEMSE et les différents partenaires sont : le laboratoire Déchets Eau Environnement Pollution de l'INSA, GRDF, Métropole de Lyon, CNRS/IRCELyon. Le projet est financé par l'ADEME.

Ainsi le projet ne se focalise pas sur un seul aspect de la gestion des biodéchets, il l'étudie dans son cycle complet. L'objectif est de pouvoir proposer une énergie locale (méthane) produite à partir de ressources locale (les biodéchets). Le projet cherche à évaluer les aptitudes des différents gisements de biodéchets pour telle ou telle filière de traitement afin de proposer un mix optimisé.

3.2. Déroulement [confidentiel]

Partie 2 : Etablir une méthodologie d'Analyse Territoriale et d'Echantillonnage de biodéchets

1. Compiler des études pour réaliser un diagnostic territorial

1.1. Principe de compilation

La méthodologie utilisée dans cette analyse territoriale n'est pas classique, il s'agit d'une compilation d'études.

Sur un territoire, il existe très souvent des études déjà réalisées. Celles-ci peuvent être de différents types et réalisées par différents bureaux d'études pour différents commanditaires publics ou privés, par exemple :

- Étude de faisabilité en vue de la mise en place d'une collecte séparée des biodéchets,
- Étude d'évaluation du potentiel de méthanisation d'un gisement de déchet,
- Schéma directeur des énergies,
- Plan de prévention et de gestion des déchets non dangereux,
- etc.

Dans le cadre du projet UrbanBioM, il s'est dit qu'il serait pertinent d'extraire les résultats de ces études existantes, de les confronter et de les compiler avant de lancer si besoin une nouvelle étude spécifique. A noter que l'obtention et la compilation des études nécessitent auparavant des actions auprès des différents commanditaires afin de les intégrer au projet, de les convaincre de la pertinence d'une compilation et d'assurer juridiquement la confidentialité des données transmises si besoin. Ces étapes peuvent prendre du temps et il faut prévoir cette période difficilement compressible dans la réalisation de l'analyse territoriale.

Il est important de signaler que si des enquêtes de terrain ont déjà eu lieu sur cette thématique sur le territoire, les acteurs enquêtés risquent de manifester leur mécontentement à répondre à plusieurs enquêtes successives sans retour évident pour leurs activités. Il est donc essentiel de consulter les méthodologies appliquées sur les études précédentes et d'évaluer l'intérêt d'une nouvelle enquête de terrain.

Il existe aussi des études, rapports ou guides à des échelles plus grandes (nationale, régionale). Ces documents permettent de compléter les études et données locales en utilisant notamment les ratios de production qu'elles proposent. Ces études proviennent majoritairement de l'ADEME.
Il est possible de citer entre autres :

- Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation, ADEME 2013 **[17]**
- Guide de bonnes pratiques concernant la gestion des biodéchets en restauration, ADEME 2016 **[18]**

Des dialogues sont toujours nécessaires avec les commanditaires des études prises en compte afin d'échanger sur le contenu, les hypothèses utilisées, périmètres ciblés et ainsi d'utiliser à bon escient les résultats produits.

1.2. Définition du périmètre du gisement analysé

L'analyse d'un gisement de biodéchets nécessite de fixer deux paramètres de périmètre:

- Le périmètre géographique de l'étude
- Les typologies de déchets analysés, il s'agit de bien identifier la nature des déchets à analyser et l'origine de leur production

Dans le cas du projet UrbanBioM, ce périmètre est défini clairement dans l'intitulé du projet, le territoire est la métropole de Lyon (voir carte ci-dessous). L'étude des « biodéchets » implique de prendre en compte les flux suivant (se référer à Partie 1 : 2. Les biodéchets) :

- Biodéchets de la FFOM
- Biodéchets de la restauration (tous types)
- Biodéchets de la distribution
- Biodéchets des IAA
- Déchets verts
- Biodéchets des marchés alimentaires

Géographiquement le projet est centré sur le territoire de la Métropole de Lyon, c'est à dire

1.3. Analyse de l'existant sur le territoire

Tout projet en construction doit au préalable établir une analyse des projets existants ou en cours similaires pouvant amener à une concurrence. Cela est d'autant plus important comme dans le cas présent, lorsque le projet est bâti sur une analyse de gisements de biodéchets pouvant bénéficier soit déjà d'une filière de traitement existante soit être déjà pris en charge dans de futurs projets plus avancés. Il faut être capable de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les moyens de traitement/élimination actuels des biodéchets sur le territoire ?
- Quels sont les projets visant la gestion/valorisation d'une partie de ce gisement ?

Dans le contexte actuel et dans le cadre d'une étude sur les biodéchets, il faut porter une attention particulière aux installations d'incinération (ont-elles besoin de FFOM pour fonctionner ? un renouvellement est-il prévu ?), de compostage (quel est le gisement capté ?) et de méthanisation (quel est le gisement capté ? une augmentation de la capacité de traitement est-elle envisagée ?). Les projets d'installations de traitement (compostage, méthanisation, gazéification) doivent aussi être référencés quelle que soit la taille prévue de l'installation ou leur niveau de développement : A quel stade de développement sont-ils ? Quels gisements convoitent-t-ils ?

Dans la mesure du possible, les installations de traitements et les projets doivent également être représentés de manière cartographique.

1.4. Définition des critères

Dans un objectif d'analyse territoriale des gisements de biodéchets, ces derniers doivent être recensés et identifiés en fonction de différents critères permettant d'apporter des détails sur la nature physico-chimique du gisement, un éclairage relatif à sa production (typologie de producteur, dispersion, saisonnalité) ou à son mode de gestion (type de collecte, filière de traitement). Les critères retenus sont présentés ci-dessous.

- ***Propriétés biochimiques***

Intitulé	Commentaire
Taux MS/MB (%)	Indique la part de matière sèche dans la matière brute, exprimée en %.
Taux MONS/MS (%)	Indique la part de matière organique non synthétique (les plastiques sont donc exclus de la MO) dans la matière sèche, exprimée en %
Taux dégradation (%)	Le taux de dégradation évalue en % le taux de matière organique qui se dégrade dans un procédé de méthanisation
PBM (m^3CH_4/tMONS)	Le Potentiel Biométhanogène évalue la quantité de CH_4 possible de produire par tonne de matière organique non synthétique, exprimé en Nm^3CH_4/tMONS (soit pour une pression atmosphérique standard et une température de 15°C)

Tableau 2 : Critères biochimiques des gisements

Lorsque les valeurs de ces propriétés des gisements de déchets étudiés ne sont pas déterminées par des analyses en laboratoire, il est possible d'utiliser des valeurs indicatives génériques dans la littérature. Les valeurs données par l'ADEME **[17]**. Il faut cependant souligner que ces valeurs issues de la littérature sont indicatives pour une typologie de biodéchets donnée et qu'il peut y avoir des variations selon les gisements.

- ***Nature du déchet*** : Identifier la nature des biodéchets : épluchures, restes de repas, feuillages, invendus, etc

- ***Producteur*** : Identifier la forme des producteurs : ménages, entreprises de restauration, industries agro-alimentaires, etc

- ***Gestionnaire de collecte*** : Identifier le responsable de la collecte et de l'élimination des biodéchets.

- ***Dispersion :*** La dispersion du gisement est définie par le nombre de points de collecte. Plus le nombre est élevé, plus le gisement est dispersé et demande une organisation a priori plus complexe pour sa collecte.

Dispersion	Nombre de points de collectes différents
Concentré	1 à 10
Semi concentré	11 à 150
Dispersé	151 et plus

Tableau 3 : Critère de dispersion

- ***Saisonnalité :*** Certaines productions de déchets sont affectées par une saisonnalité. Cette saisonnalité peut provenir de différents facteurs : période avec une forte affluence

touristique, cultures agricoles saisonnières, etc. Elle peut impacter le gisement de manière quantitative et/ou qualitative.

Saisonnalité	Description
Quantitative	La quantité de déchets est affectée par la saisonnalité
Qualitative	La qualité du gisement est affectée par la saisonnalité
Non	Le gisement est similaire tout au long de l'année

Tableau 4 : Critère de saisonnalité

- ***Conditionnement :*** Certains biodéchets sont conditionnés, c'est-à-dire qu'ils sont encore dans leur emballage. La connaissance de la présence ou absence de conditionnement est importante car cela implique des modalités de gestion et de traitement différentes. Une phase de prétraitement spécifique (par exemple un déconditionnement) peut être nécessaire avant valorisation biologique ou thermique.

Conditionnement	Correspondance
Conditionnés	Biodéchets entièrement sous emballages
Partiellement conditionnés	Un mélange de biodéchets en vrac et conditionnés
Non conditionnés	Biodéchets en vrac

Tableau 5 : Critère de conditionnement

- ***Stockage*** *:* Les modalités de stockage des flux de biodéchets sont une part très importante du processus de collecte et traitement. Les biodéchets ne doivent pas avoir des temps de séjour trop long avant d'atteindre leur filière de valorisation. Quand ces modalités sont connues, elles doivent être indiquées.

- ***Forme de collecte :*** La collecte des biodéchets peut s'organiser de plusieurs manières. Le tableau ci-dessous reprend les différentes méthodes existantes. Pour chaque gisement, il sera alors mentionné les types de collecte a priori envisageables.

Forme de Collecte	Description	Equipement producteur
Porte à porte	C'est le type de collecte le plus répandu pour les OMr. Elle est souvent réalisée à avec des camions bennes à ordures et collecte les déchets directement chez les producteurs.	Bioseaux ; sacs biodégradables ; bacs individuels
Apport Volontaire	Ce type de collecte permet de réduire les points de collecte et donc de faciliter a priori son organisation. Cependant, c'est à la charge des usagers d'apporter leurs biodéchets jusqu'aux points d'apport volontaire dont la localisation doit être soigneusement	Bioseaux ; sacs biodégradables ; bacs/points d'apport volontaire

	étudiée.	
Mixte	Une partie de la collecte est en porte à porte, l'autre en apport volontaire.	Bioseaux ; sacs biodégradables ; bacs individuels ; bacs/points d'apport volontaire
Autre	Une collecte qui ne rentre pas dans les catégories précédentes.	

Tableau 6 : Critère de Collecte

- **Prestation de collecte :** La prestation de collecte peut être gérée en régie, par un prestataire privé ou encore en interne.

Type de prestation	Descriptif
Régie	La collecte en régie est opérée directement par la collectivité responsable.
Privée	Le prestataire peut agir pour le compte de la collectivité ou celui d'entités privées.
Interne	La collecte peut être gérée en interne lorsque le producteur apporte lui-même les déchets aux installations de traitement/valorisation

Tableau 7 : Critère de prestation de collecte

1.5. Extraction et compilation des résultats

Les résultats des études ne sont pas toujours réalisés sur les mêmes périmètres (géographiques, en termes de natures de gisements pris en compte ou exclus). Les méthodes utilisées diffèrent, entrainant des disparités. Il faut retravailler les données disponibles pour permettre d'établir des comparaisons cohérentes. La figure ci-dessous schématise la méthode proposée pour l'exploitation de ces résultats.

Quand cela est possible, il est toujours judicieux d'échanger avec les rédacteurs ou commanditaires des études utilisées afin d'avoir une bonne connaissance des paramètres pris en compte et hypothèses utilisées. Cela permet d'éviter d'utiliser certaines données à mauvais escient ou d'effectuer des comparaisons non pertinentes.

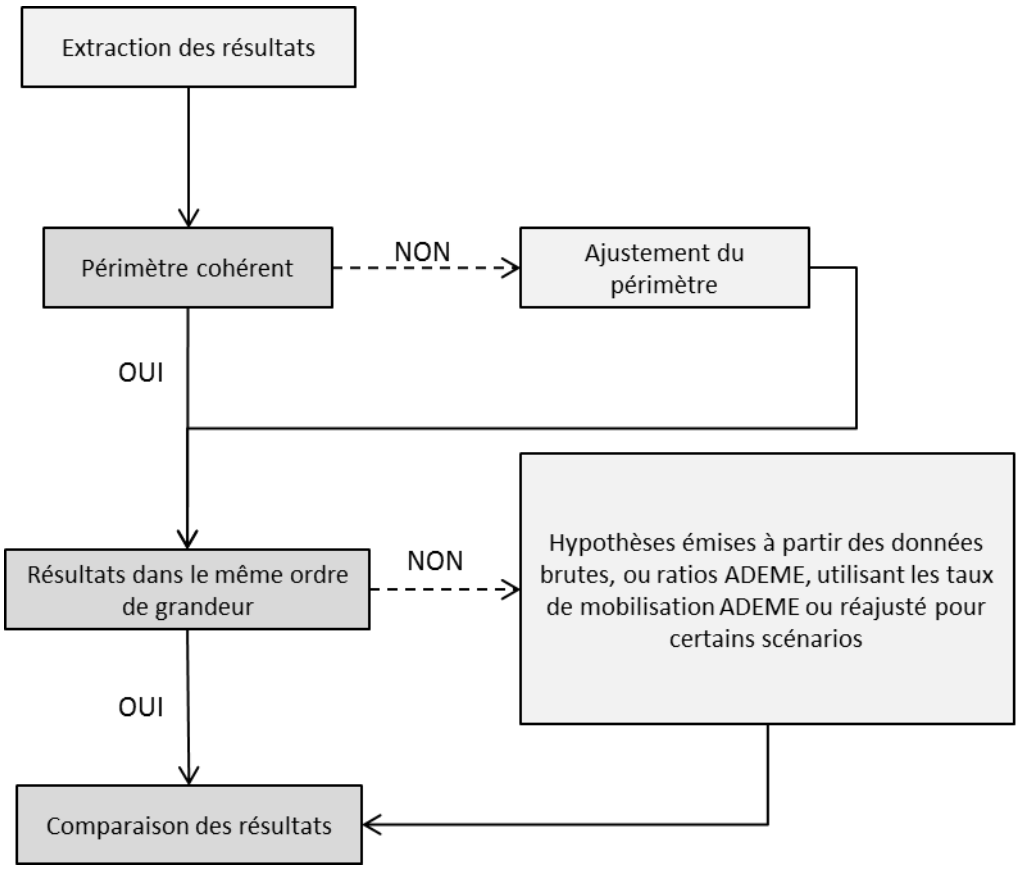

Figure 4 : Schéma de méthode d'exploitation des résultats

Cependant, sur certains territoires, les études réalisées peuvent ne pas apporter suffisamment d'information pour permettre la réalisation d'une analyse territoriale répondant aux besoins du projet. Les raisons peuvent être les suivantes :

- Les études présentent des différences majeures qui ne peuvent être expliquées
- Les périmètres (géographiques ou temporels) ne sont pas les mêmes et ne permettent pas de croisement ou compilation
- Il existe peu (ou pas) d'études sur les gisements de biodéchets du territoire considéré.

Dans ce cas, il est souhaitable de compléter l'analyse des études existantes pour avoir une meilleure analyse territoriale. Cela peut se faire à partir d'informations présentent dans la littérature ou par enquête auprès d'acteurs du terrain, ou encore d'une autre manière adaptée au territoire et aux gisements ciblés.

Les méthodes suivantes de compilation/agrégation/renforcement des résultats peuvent être utilisées (liste non exhaustive) afin de renforcer ou étoffer la compilation des études :

- Utiliser les données brutes d'une des études utilisées dans la compilation et y appliquer des taux de disponibilité. Il est possible d'utiliser les taux moyens définis par l'ADEME **[17]** ou bien des taux définis à partir d'autres retours d'expériences. Les valeurs de gisement disponible peuvent alors être comparées avec celles des études.
- Utiliser directement des ratios de production donnés par l'ADEME **[17]** afin d'obtenir un gisement brut auquel seront appliqués des taux de disponibilité.

Dans le cadre d'une analyse territoriale en vue d'évaluation de la pertinence du développement d'une filière intégrée de gestion des biodéchets, il est pertinent de comparer les résultats sur gisements bruts et gisements disponibles. Les gisements disponibles sont définis en appliquant des taux de réduction, valorisation et mobilisation au gisement brut selon la méthode de l'ADEME [BIBLIO] présentée ci-dessous :

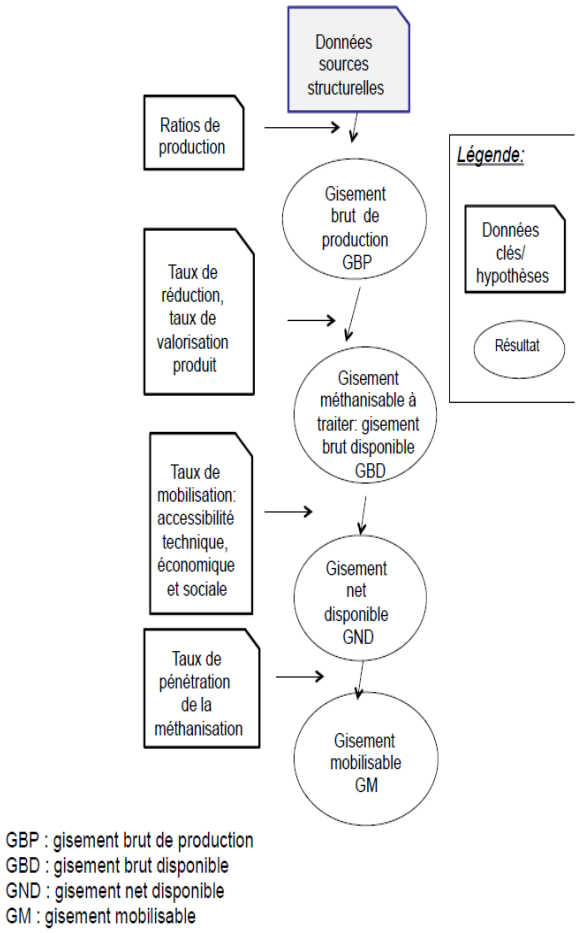

Figure 5 : Méthode ADEME de calcul du gisement disponible à partir du gisement brut [BIBLIO])

Il n'est pas pris en compte le taux de pénétration de la méthanisation afin de connaître le gisement mobilisable. Ce taux n'a pas été utilisé dans les études et il fait référence à une filière de traitement unique (la méthanisation) ; il est donc logique qu'il ne soit pas pris en compte dans cette analyse. Le schéma ci-dessous expose la manière dont les gisements disponibles ont été estimés selon les différentes approches dans le cas de l'analyse territoriale de la métropole de Lyon.

Pour réaliser la compilation et consolidation des données, la figure ci-dessous présente le logigramme permettant de comparer des données en termes de gisements disponibles.

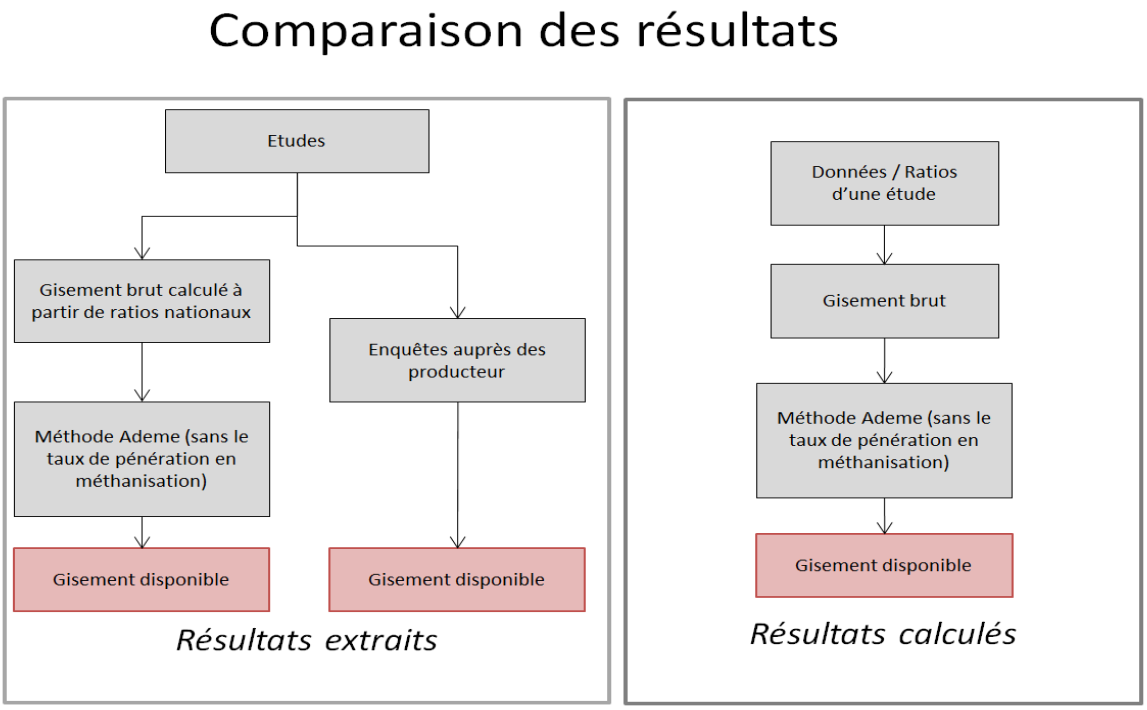

Figure 6 : Méthode d'estimation des gisements disponibles

1.6. Présentation des résultats

La présentation des résultats pour chaque type de gisement peut suivre le schéma suivant :

- Caractéristiques du gisement
- Hypothèses ou ratios utilisés
- Résultats des études
- Comparaison des études et données disponibles

Cette présentation peut être adaptée si :

- Le gisement est spécifique et il n'est pas optimal de le présenter ainsi.
- Il manque certaines informations.
- Des hypothèses sont émises en complément de la comparaison des études.

Les résultats sont estimés sous la forme d'un intervalle de valeurs. Cet intervalle est défini à partir des différents résultats des études. Il n'est pas pertinent de rechercher obtenir un intervalle précis à l'unité près ou bien une moyenne, car il s'agit généralement de valeurs obtenues en scénario, dépendantes de différents facteurs et issues d'estimations ou d'application de ratios nationaux. L'importance est de présenter un ordre de grandeur réaliste et envisageable en tenant compte des données disponibles et caractéristiques du territoire. Il est essentiel de rappeler qu'il s'agit ici d'une analyse territoriale à une échelle macro afin d'orienter des stratégies de gestion et non d'une étude de faisabilité qui nécessiteraient des connaissances plus fines des différents gisements.

2. Réaliser un échantillonnage ponctuel en vue d'une caractérisation biologique et physico chimique

La méthodologie d'échantillonnage qui a été mise en place dans le cadre du projet UrbanBioM s'inspire de la NORME NF EN 14899 **[19]** et s'adapte aux objectifs du projet. Il s'agit d'un échantillonnage ponctuel en vue dans un premier temps, d'une caractérisation bio physico-chimique et dans un second temps, de la mise en place d'essais sur des pilotes de méthanisation et de gazéification.

2.1. Sélection des gisements pour échantillonnage

La sélection des gisements à échantillonner est une étape très importante. L'objectif est de sélectionner des gisements qui ont une forte influence dans le mix des biodéchets, il faut donc les sélectionner méthodiquement et non instinctivement même si pour certains gisements il peut paraître évident de les intégrer dans la sélection.

2.1.1. Définir des critères

Le choix des gisements de biodéchets à échantillonner doit être fait à partir de critères aidant à la décision. Ils doivent être défini en cohérence avec les objectifs du projet et le territoire étudié. Il est alors important de porter une réflexion sur les caractéristiques recherchées dans un gisement : s'agit-il de la quantité ? La qualité ? L'accessibilité ? etc.

2.1.2. Définir des contraintes

Il se peut qu'un gisement soit très intéressant pour l'échantillonnage du point de vue des critères définis, mais que pour des raisons logistiques, financières, technique, il ne soit pas possible de réaliser cet échantillonnage. C'est pour cela qu'il est nécessaire de définir des contraintes à la réalisation de l'échantillonnage. Ces contraintes serviront de limite et participeront à aider au choix de la sélection. Par exemple, pour un projet il peut être choisi de se restreindre géographiquement pour le prélèvement. Il y a aussi les contraintes de planning, il se peut que l'échantillonnage soit prévu dans une période donnée, etc.

2.2. Objectifs de l'échantillonnage

La première étape d'un plan d'échantillonnage est de fixer l'objectif final. C'est-à-dire à quoi servent les échantillons ? Est-ce qu'il s'agit de connaitre la composition des échantillons ? De réaliser des tests de traitement physique ? Biologique ? Toute la méthodologie et le protocole d'échantillonnage s'articulent alors autour de cette finalité.

En l'occurrence, cette méthodologie est adaptée pour un échantillonnage ponctuel en vue d'une caractérisation biologique et thermochimique des échantillons afin de connaître leurs aptitudes pour les voies de valorisation en méthanisation et gazéification. Les opérations suivantes seront effectuées sur les échantillons :

- Analyses biophysico-chimiques
- Analyses thermo-chimiques.
- Essais pour évaluer les aptitudes aux prétraitements.
- Essais sur pilote de méthanisation
- Essais sur pilote de gazéification

2.3. Eléments de représentativité

Un échantillon est représentatif lorsqu'il présente les mêmes caractéristiques que le gisement étudié dont il est issu à la période où il est étudié. Si l'échantillon n'est pas représentatif, les résultats pourront être biaisés.

Dans ce programme, l'échantillonnage est réalisé de manière ponctuelle pour tenir compte des contraintes de planning du projet ainsi que du caractère fortement évolutif des déchets prélevés (et donc de l'impossibilité de stockage longue durée). Il n'est donc pas possible de tenir compte de la saisonnalité et des variances de production. Comme il s'agit ici uniquement de biodéchets, les attentions lors du prélèvement doivent être portées sur les points suivants :

- Privilégier l'échantillonnage dans les installations regroupant le maximum de sources
- Simuler si besoin au mieux les moyens de collecte qui existeraient s'ils ne sont pas actuellement opérationnels
- Multiplier les sources de prélèvement si nécessaire

Ainsi un échantillon assez représentatif, en connaissance des objectifs et des moyens alloués à cette étape du projet, pourra être prélevé.

2.4. Planification de l'échantillonnage

La planification de l'échantillonnage est réalisée en plusieurs étapes s'appliquant aux différents flux de biodéchets :

- Identification des parties concernées : réaliser une prospection des lieux d'échantillonnages possibles. Contacter les entreprises et convenir d'un lieu et d'un jour pour réaliser le prélèvement.
- Identification des objectifs et définition des buts techniques : Il s'agit de bien définir la quantité de biodéchets à prélever et les analyses qui vont suivre. Celles-ci vont servir notamment à déterminer le point de prélèvement.
- Date et lieu : La date et le lieu de prélèvement sont décidés en coordination avec les équipes réalisant les analyses des échantillons ainsi que les exploitants des sites de production ou de traitement des biodéchets afin de limiter les temps de stockage entre les prélèvements et le début des analyses.
- Moyens nécessaires : Le matériel et le personnel nécessaire doivent être définis, notamment pour le transport, le prélèvement et le stockage des biodéchets.
- Le point de prélèvement prévu : Il doit bien être défini en fonction des choix précédents. La qualité des biodéchets prélevés peut changer en fonction des points de prélèvement.

2.5. Réalisation, de l'échantillonnage

La réalisation de l'échantillonnage nécessite de se déplacer sur le terrain et d'entrer sur les sites des entreprises. Chacune dispose d'une configuration et de règles différentes qui doivent être prises en compte et respectés. Le **point XX** détaille les mesures à mettre en place pour assurer la sécurité du personnel.

L'échantillonnage s'effectue avec des moyens adaptés et prévus lors de la planification de l'échantillonnage. Une pesée de la quantité de biodéchets prélevés doit être réalisée sur place et avant mise en stockage (il peut y avoir des pertes d'eau lors du transport). Il est fortement recommandé de prendre des photos tout au long de l'opération. Elles serviront aux équipes d'analyse.

Deux fiches sont à remplir lors de cet échantillonnage:

- Une fiche d'identification (*Annexe 6*) qui est collée sur les sacs des échantillons afin d'informer sur le contenu du sac, son poids, son lieu et sa date de prélèvement.
- Une fiche de prélèvement (*Annexe 7*) qui reprend les mêmes informations avec plus de détails et qui est transmises aux équipes d'analyses afin que celles-ci puissent avoir le maximum d'information sur le contexte et la réalisation du prélèvement.

2.6. Stockage des échantillons

Le stockage des échantillons est un point essentiel afin de conserver leurs propriétés. Les biodéchets sont stockés dans des sacs en plastiques doublés (50 litres ou 130 litres) en chambre froide à 4°C minimum. En dessous de cette température (en congélation par exemple), les propriétés des biodéchets peuvent être modifiées et ils ne réagiront plus de la même manière pour les tests de potentiels biométhanogènes, PCI, etc.

La durée de stockage ne doit pas être trop élevée, même si les conditions de stockage permettent une stabilisation de leur évolution. Certains biodéchets sont des produits périmés déjà dans une première phase de dégradation et sont amenés à évoluer très vite particulièrement ceux issus de la distribution et de la restauration. Ainsi la durée de stockage ne doit pas dépasser une semaine.

Partie 3 : Application au territoire de la métropole de Lyon [Confidentiel]

1. Contexte de l'Analyse Territoriale

1.1. Etudes existantes prises en compte

Cette analyse territoriale compile les études suivantes :

- Etude de caractérisation des OMR de la métropole, Lyon Métropole, 2013 ; dite « **étude de caractérisation** » **[20]**
- Schéma directeur des énergies de la Métropole de Lyon – Estimation des potentiels de production : Méthanisation, 2016 (*droits réservés*) ; dit « **SDE** » : Cette étude estime la totalité du gisement méthanisable sur le territoire de la métropole de Lyon. **[21]**
- Etude détaillée des gisements organiques disponibles sur le territoire de la métropole de Lyon et proximité (hors déchets ménagers et déchets verts), GRDF, 2017 ; dite « **étude de gisement** » : Cette étude estime le gisement méthanisable mais n'intègre pas les déchets des ménages dans son périmètre. **[22]**
- Elaboration de scénarios de gestion des biodéchets, Métropole de Lyon (*droits réservés*) ; dite « **étude de gestion** » : Cette étude établit des scénarios de collecte des déchets. Elle évalue donc la production de biodéchets issus des ménages ainsi que celles produites par les petits commerces, ces derniers pouvant être collecté par le SPGD. **[23]**

1.2. Territoire étudié

1.3. Gisements étudiés

1.4. Gestion actuelle des biodéchets sur le territoire de la Métropole de Lyon

1.4.1. Cartographie des installations de traitement des biodéchets sur le territoire

1.4.2. Installations de valorisation en fonctionnement

1.4.3. Installations de valorisation en projet

1.5. Gestion de la FFOM et des déchets verts des particuliers

2. Résultats de l'Analyse Territoriale

2.1. Exemple de la FFOM

1.1.1. Résumé des études

1.1.2. Comparaison des études

1.1.3. Scénario avec collecte séparée entièrement déployée : comparaison des résultats

1.1.4. Scénario avec collecte séparée partielle : comparaison des résultats

1.2. Résultat final de l'analyse territoriale

1.2.1. Bilan des caractéristiques des gisements

Chaque fraction de gisement possède des caractéristiques différentes dont la compilation figure dans le tableau ci-dessous.

2. Planification de l'échantillonnage

3.1. Sélection des gisements pour l'échantillonnage

3.1.1. Définition des critères

3.1.2. Définition des contraintes

3.1.3. Gisements sélectionnés

3.2. Planification

3.2.1. FFOM

3.2.2. Restauration collective

3.2.3. Distribution

3.2.4. Déchets verts

3.3. Réalisation : illustration et exemples

Conclusion et perspectives

Résultats du stage

La gestion d'un gisement de biodéchets en territoire urbain est complexe à appréhender. La diversité des flux, de la nature et de la composition fait qu'il est difficile de conceptualiser un système de gestion unique qui soit optimal.

L'analyse territoriale réalisée dans le cadre du projet UrbanBioM a pour but d'appréhender le gisement de bidoéchets présent sur le territoire de la métropole de Lyon dans son ensemble. Des décisions peuvent alors être prises à partir des résultats. La méthodologie de compilation d'études est bien adaptée pour cette étude, elle permet d'avoir une bonne appréciation du gisement, sans avoir à mener des enquêtes chronophages et redondantes pour les exploitants. Les bonnes informations de chaque étude sont extraites et mutualisées. Ceci permet d'éviter de se fier aux chiffres précis d'une seule étude dépendant très fortement de la méthode et du périmètre choisi.

La forte part de la FFOM apporte une certaine stabilité (dans tous les scénarios) au gisement, les déchets verts avec un flux saisonnier permettent d'apporter des caractéristiques différentes et intéressantes au mix global. Cela permet d'avoir un mix avec relative régularité de composition, il est complexe de prévoir une filière de traitement spécifique si le gisement possède une saisonnalité quantitative et qualitative trop forte.

L'opération d'échantillonnage a permis de confirmer la diversité des flux énoncé en introduction. Les 4 typologies échantillonnées ont des aspects et des comportements très différents. Cet échantillonnage a rappelé aussi l'importance de la prise d'information en amont et de la coordination des acteurs sur un tel projet. Les biodéchets se dégradent très rapidement et leur conservation ne doit pas être excessive. Une mauvaise gestion peut amener à la perte des échantillons et la nécessité d'effectuer un nouveau prélèvement.

Cela confirme la pertinence du projet UrbanBioM. En territoire urbain il est complexe et à priori très cher de mettre en place un système de gestion adapté à chaque typologie de biodéchets. Il est important de se concentrer sur les aspects du mix global.

Perspectives sur la suite du projet

Le planning et les prochaines étapes du projet sont déjà calés. L'analyse territoriale permet d'avoir une base solide à laquelle se référer et l'échantillonnage permet d'établir des contacts avec des acteurs locaux du monde des biodéchets.

La méthodologie construite a l'avantage de pouvoir être extrapolée à un autre territoire (à partir du moment où le projet est similaire dans un contexte similaire). Certaines étapes peuvent être isolées et adaptées en fonction des besoins.

Le tri à la source des biodéchets doit être généralisé d'ici 2025. Pour le moment très peu de grandes collectivités l'ont mis en place et souvent l'échéance est repoussée le plus tard possible. Le projet UrbanBioM doit permettre de concevoir un autre modèle de gestion des biodéchets en territoire urbain et ainsi aider les collectivités à mettre en place ce tri à la source avec une filière de valorisation adapté et productrice d'énergie locale.

Réflexion Personnelle

La problématique de la gestion des biodéchets est bien plus large et globale que ce à quoi je m'attendais. Ces déchets touchent en effet quasiment tous les domaines.

La gestion séparée des biodéchets est pour moi cruciale à mettre en place et rapidement. Ils sont pour le moment traités comme des « nuisances » (incinération ou stockage) alors qu'ils peuvent être valorisés et servir de source d'énergie renouvelable. Seulement les moyens de valorisation mis en place doivent être bien penser. Dans un premier temps pour éviter les nuisances olfactives, il est important que les installations de valorisation soient propres pour faciliter l'acceptation du public. Les projets tel qu'UrbanbioM permettent d'optimiser le rendement de ces filières. Le développement de filière permettra aussi d'éviter de perdre de l'énergie avec des temps de stockage ou de transport trop long comme cela peut quelquefois être le cas actuellement.

La méthode de compilation d'études utilisée lors de l'analyse territoriale me semble pertinente au vu de l'objectif, elle évite de multiplier la sollicitation des différents acteurs. La comparaison des résultats permet d'éviter des valeurs uniques qui sont soumises à une incertitude importante. En effet estimé un gisement de biodéchets nécessite de faire plusieurs hypothèses. Cependant cela demande de « faire confiance » à un travail réalisé par un tiers dans des conditions qui ne sont pas à notre connaissance et avec des données auxquelles nous n'avons pas toujours accès.

Je pense que si nous avions pu avoir plus d'éléments cartographiques, cela aurait permis d'ajouter une dimension visuelle intéressante à l'analyse territoriale. Seulement les données pour réaliser ces cartographies ne sont pas toujours disponibles et ici le but n'était pas de chercher précisément l'emplacement de tous les producteurs de biodéchets.

L'échantillonnage m'a permis de prendre conscience de l'importance de la phase « d'avant-projet », que ce soit la prise d'information, la prise de contact avec les différents exploitants, la coordination au sein de l'équipe pour les questions de planning, d'organisation.

Ce stage m'a aussi permis de découvrir le monde de la recherche qui est très différent des entreprises « classiques » où j'avais pu effectuer mes précédentes expériences. Les rapports entre les acteurs et le personnel sont différents, le travail effectué est plus minutieux et pointilleux. A l'aspect bibliographique, bien qu'il soit essentiel, j'ai préféré l'aspect terrain et expérimentation.

Bibliographie

Dans l'ordre d'apparition

[1]. Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. **STRUCTURES DE DIFFUSION DE TECHNOLOGIES** [en ligne] MESRI, 2017 [consulté le 24/08/2018] <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid5777/les-structures-de-diffusion-de-technologies.html>

[2]. CORDERO Eva, **Le rôle de la communication digitale dans la promotion d'une expertise scientifique**, mémoire de Master 1 Communication des organisations parcours communication digitale, Université Lyon 3 Jean Moulin, 2018, 71p

[3]. PROVADEMSE, **Qui sommes-nous** [en ligne] PROVADEMSE, 2018 [consulté le 04/09/2018] <https://www.provademse.com/qui-sommes-nous>

[4]. PROVADEMSE, **Notre offre** [en ligne] PROVADEMSE, 2018 [consulté le 04/09/2018] <https://www.provademse.com/notre-offre>

[5]. France, Code de l'environnement, **Article R541-8 modifié par Décret n°2016-288 du 10 mars 2016 - art. 6** [en ligne] [consulté le 04/09/2018] <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000024357158>

[6]. PARLEMENT EUROPEEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE, **RÈGLEMENT (CE) N°1069/2009 DU PARLEMETN EUROPEEN Et DU CONSEIL du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et abrogeant le règlement (CE) n° 1774/2002** (règlement relatif au sous-produits animaux) [PDF en ligne] Journal officiel de l'Union européenne [consulté le 18/09/2018] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1069&from=FR>

[7]. Direction générale de la Prévention des risques, **Les obligations des gros producteurs de biodéchets,** [PDF en ligne] DGPDR, 2013 [consulté le 04/06/2018] <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/51_DGPR_gros_producteurs_biodechets_29-10-2013_DEF_Light.pdf>

[8]. France, Code de l'environnement, **Arrêté du 12 juillet 2011 fixant les seuils définis à l'article R. 543-225 du code de l'environnement,** [en ligne] JOFR 23 juillet 2011 [consulté le 04/06/2018] <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024388182&categorieLien=id>

[9]. France, Ministère de l'environnement, **LOI n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte : Article 70**, [en ligne] [consulté le 24/08/2018]<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do?idArticle=JORFARTI000031044647&cidTexte=LEGITEXT000031047847&categorieLien=id>

[10]. Xun Liu, Rémy Bayard, Hassen Benbelkacem, Pierre Buffière et Rémy Gourdon « **Évaluation du potentiel biométhanogène de biomasses lignocellulosiques** », *Dechets sciences et techniques* [En ligne], N°67, mis à jour le : 14/01/2015, URL :

http://lodel.irevues.inist.fr/dechets-sciences-techniques/index.php?id=347, https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.347

[11]. L. Ben Ayed, A. Hassen, N. Jedidi, N. Saidi, O. Bouzaiane et F. Murano « **Caractérisation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours d'un cycle de compostage d'ordures ménagères** », *Dechets sciences et techniques* [En ligne], N°40, mis à jour le : 18/03/2015, <http://lodel.irevues.inist.fr/dechets-sciences-techniques/index.php?id=2001, https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.2001>

[12]. Zeikus, G. (1980). **Microbial populations in digesters. Anaerobic Digestion**. D. A. Stafford, B. I.Wheatley and D. E. Hughes. London, Applied Science**:** 61-87

[13]. RECORD, **Freins et développements de la filière biogaz : les besoins en recherche et développement**, 2009, 134 p, n°07-0418/1A.

[14]. TAGUTCHOU Jean-Philippe, **Gazéification du charbon de plaquettes forestière : particule isolée et lit fixe continu**. Thèse de Doctorat, Environnement, Energétique et Génie des Procédés, Université de Perpignan, 2008. 242 p

[15]. REY Charlotte, **Mode Opératoire : Détermination du pouvoir calorifique de biocombustibles solides**, PROVADEME, 2015, 10 p

[16]. CAIGNAIRE Carole, **Mode Opératoire : Détermination du potentiel biométhanogène (méthode manuelle)**, PROVADEMSE, 2017, 10 p

[17]. SOLAGRO-INDIGGO pour l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, **Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation**, ADEME, 2013, 117 p

[18]. GECO Food Service & l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Enge, **Guide de bonne pratique concernant la gestion des biodéchets en restauration**, ADEME, 2017, 75 p

[19]. Association Française de Normalisation, **Norme NF EN 14899 : Caractérisation des déchets : Prélèvement des déchets : procédure cadre pour l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan d'échantillonnage**, AFNOR, 2006, 15 p

[20]. INSAVALOR Division Polden, **Caractérisation des ordures ménagères résiduelles**, GRAND LYON, 2012, 48 p

[21]. ARTELYS, **Schéma directeur des énergies de la Métropole de Lyon, Estimation des potentiels de production : Méthanisation**, Métropole de Lyon, 2016, 36 p

[22]. INDDIGO, **Etude des solutions pour la Métropole de Lyon lui permettant de respecter la loi sur la transition énergétique concernant les biodéchets**, Métropole de Lyon, 2017, 132 p

[23]. GIRUS, **Etude détaillée des gisements organiques disponibles sur le territoire de Lyon et proximité**, GRDF, 2017, 62 p

[24]. Auvergne Rhône-Alpes, **La filière biogaz en Auvergne-Rhône-Alpes**, [en ligne] [consulté le 10/05/2018] <http://www.enrauvergnerhonealpes.org/fr/biogaz/la-filiere-biogaz-en-region.html>

[25]. Métropole de Lyon, **Rapport Annuel 2016 sur le prix et la qualité du service public de prévention et gestion des déchets ménagers et assimilés**, Métropole de Lyon, 2017, 84 p

Annexes

Annexe 5 : Fiche de prélèvement

Projet UrbanBioM – Lot 2.2 : Echantillonnage

Nom échantillon :

Echantillon de biodéchets issus de :

Date prélèvement :

Lieu prélèvement :

	Date et heure	Poids (kg)
Sur le lieu de l'échantillonnage		
A la mise en stockage		
A l'utilisation		
Autre		

Tableau 8 : Fiche d'identification d'un prélèvement

Annexe 6 : Fiche d'identification

Fiche de prélèvement d'un échantillon Projet UrbanBioM – Lot 2.2			PROVADEMSE
Nom Echantillon			
INFORMATIONS GENERALES			
Date	Adresse et contact du lieu de prélèvement		
Prélèvement effectués par		Entreprise	
Personnes présentes		Entreprise	
INFORMATIONS SUR L'ECHANTILLONNAGE			
Point de prélèvement exact	Poids au moment du prélèvement		Poids au moment du stockage
Matériel	Méthodologie appliquée		Durée échantillonnage
Aspect des biodéchets			Types de biodéchets
Mesures de sécurité			Transport
INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES			
Remarques			Fiche rempli par

Tableau 9 : Fiche de prélèvement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Diplôme(s) : Ingénieur de l'ENGEES

Spécialité : Certificat d'études supérieures : MASTER SPCIALISE Gestion, Traitement et Valorisation des déchets : option déchets urbains

Auteur : Marwan PONS

2018

Titre : Analyse territoriale et réalisation d'un plan d'échantillonnage de biodéchets

Nombre de pages : 40 texte : 35 annexes : 2

Nombre de références bibliographiques : 25

Structure d'accueil : PROVADEMSE - INSAVALOR

Maître de stage : Jeanne BONNET

Résumé :

Les biodéchets sont des déchets fermentescibles présents dès qu'il y a de l'activité humaine. En France, ils sont actuellement collectés et traités en majorité avec les OMR. Les filières spécifiques existent peu, particulièrement en territoire urbain. Ainsi la plateforme Technologique PROVADEMSE coordonne un projet multipartenaire qui s'est monté dans le but d'étudier l'optimisation de la gestion des biodéchets en territoire urbain en vue de leur conversation en méthane.

Ce mémoire présente les travaux effectués au lot Analyse territoriale de ce projet. La méthodologie décrite est une compilation d'études existantes sur le territoire étudié ainsi qu'une méthode d'échantillonnage ponctuelle en vue d'une caractérisation biophysico-chimique.

Les résultats de l'analyse territoriale montrent un gisement fortement marqué par la fraction fermentescible des ordures ménagères et les déchets verts. Ces résultats permettent aussi la sélection de 4 typologies de gisement qui seront échantillonnées et analysés dans la suite du projet. Le plan et la réalisation de cet échantillonnage constitue la dernière partie de ce mémoire.

Mots-clés : Biodéchets, Analyse Territoriale, Echantillonnage, Territoire Urbain, Méthane, Méthanisation, Gazéification.