



HAL
open science

Conception d'un outil d'estimation et caractérisation des flux de biodéchets pour le territoire de Grenoble Alpes Métropole

Quentin Gaël Desvaux

► **To cite this version:**

Quentin Gaël Desvaux. Conception d'un outil d'estimation et caractérisation des flux de biodéchets pour le territoire de Grenoble Alpes Métropole. Environnement et Société. 2019. hal-02341792

HAL Id: hal-02341792

<https://inria.hal.science/hal-02341792v1>

Submitted on 3 Feb 2021

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.



Inria



UNIVERSITE GRENOBLE ALPES

Faculté d'économie de Grenoble

Master Economie de l'environnement, de l'énergie et des transports

Parcours Economie, Energie, Développement Durable

RAPPORT DE STAGE

**Conception d'un outil d'estimation et caractérisation des flux
de biodéchets pour le territoire de Grenoble Alpes Métropole**

DESVAUX QUENTIN

Septembre 2019

Stage effectué au sein de l'INRIA

REMERCIEMENTS

Avant de débiter ce rapport, je souhaite tout d'abord remercier l'INRIA et plus particulièrement l'équipe STEEP de m'avoir accueillie. Elle a su m'apporter un cadre de travail et de confiance qui m'a permis de réaliser mon stage d'une manière autonome, tout en restant à ma disposition pour m'éclairer dans mes réflexions. Au-delà de l'aspect professionnel et du support technique qu'ils ont pu m'apporter, j'ai apprécié évoluer dans cette équipe qui fait face aux problématiques environnementales actuelles. Les sujets développés et les motivations poursuivies ont attiré mon attention et m'ont donné d'autant plus envie de m'impliquer dans mon stage.

Au même titre que l'INRIA, je remercie toutes les personnes de la Métropole pour toute l'aide qu'ils ont pu m'offrir. La direction de la prévention, de la collecte et du traitement des déchets ont pu compléter le support théorique de l'INRIA en m'apportant une vision concrète des acteurs impliqués, des obstacles potentiels et des habitudes observées dans le secteur des déchets. En me permettant d'utiliser l'image de la Métropole, j'ai pu attirer l'attention des professionnels et obtenir des données valides et récentes.

Enfin, je souhaite remercier les enseignants de la formation Economie de l'Environnement, de l'Energie et des Transports qui nous ont apporté des connaissances utiles et des compétences adéquates à la réalisation de ce stage de fin d'études. Les divers sujets abordés ont pu nous offrir un panorama du secteur énergétique et des différentes politiques mises en place face au dérèglement climatique, tout en nous préparant à une insertion professionnelle dans ce milieu.

RESUME

Suite aux diverses réglementations mises en place à l'échelle européenne et nationale, la Métropole de Grenoble est en train de mettre à la disposition des habitants une possibilité de trier à la source des biodéchets. Le compostage de proximité et la collecte sélective sont en cours de déploiement sur le territoire et la démarche devrait englober toute la population d'ici 2021. Afin de valoriser énergétiquement et organiquement les biodéchets, un plan de modernisation de l'usine de compostage de Murianette en usine de méthanisation a été établi. Cet exutoire local est essentiel à la gestion territoriale de la matière organique et nécessite d'être dimensionner sur une source de déchets stable en terme de quantité, mais également en terme de durée. Ce besoin justifie la nécessité d'étudier les flux de déchets alimentaires du territoire dans le but de quantifier la production de ces ressources et de caractériser les flux de matières. De plus, une meilleure compréhension de la filière des biodéchets du territoire permettra de cerner les opportunités de réduction des quantités produites par le biais de la prévention et de la valorisation des déchets organiques. Ce sont les objectifs visés par le CODEC, un contrat d'objectifs déchets qui se veut de favoriser l'économie circulaire et le réemploi des ressources. C'est dans ce contexte que la Métropole a fait appel à l'équipe STEEP de l'INRIA afin d'apporter un état de lieux de cette filière et de comprendre les obstacles potentiels à la collecte de la matière organique. Cette étude vient compléter l'étude de INDDIGO réalisé pour le compte de la Métropole, ainsi que l'évaluation du potentiel méthanogène de AURA-EE à travers l'outil TerriSTORY. Dans la continuité de ces travaux, une méthodologie a été mise en place afin d'estimer les quantités de déchets fermentescibles produites. Des enquêtes terrains et des recherches bibliographiques ont permis d'établir une matrice de mobilisation reflétant les caractéristiques du territoire et les objectifs poursuivis dans le Schéma Directeur des Déchets. Une cartographie des flux est ensuite présentée afin de rendre compte des destinations actuelles des gisements et de la part effectivement mobilisable pour la méthanisation dans une perspective de moyen terme.

Table des matières

Conception d'un outil d'estimation et caractérisation des flux de biodéchets pour le territoire de Grenoble Alpes Métropole.....

REMERCIEMENTS	2
RESUME	3
Introduction générale.....	5
I. Contexte et objectifs.....	6
a. Contexte réglementaire	6
b. Contexte énergétique	10
c. Cadre de la mission.....	8
d. Définition des objectifs	11
II. Méthodologie et champ de l'étude.....	13
a. Terminologie et domaine d'étude.....	13
b. Logique ascendante top-down.....	15
c. Logique descendante bottom-up.....	17
d. Mobilisation et méthanisation	19
III. Résultats et comparaisons	22
a. Quantification et comparaison avec INDDIGO	23
b. Caractérisation des flux.....	26
c. Potentiel de méthanisation et comparaison avec AURA-EE	29
d. Marges d'erreur et recommandations	31
Conclusion générale	34
BIBLIOGRAPHIE	34
ANNEXES	36

Introduction générale

Dans le but de réduire les quantités de déchets incinérées et enfouies, on assiste à la mise en place d'exutoires locaux permettant de valoriser ces matières organiquement et énergétiquement par méthanisation. La Métropole de Grenoble développe actuellement deux mesures pour atteindre les objectifs décrits dans le Schéma Directeur des Déchets que sont le compostage de proximité et la collecte sélective des déchets alimentaires. Les filières biologiques n'étant pas indépendantes les unes des autres, un travail de quantification et de caractérisation des déchets fermentescibles est offert à Grenoble Alpes Métropole par l'INRIA, afin d'éviter les conflits d'approvisionnement ou d'usages des produits. En effet, la mesure de tous les flux de déchets existants, et non seulement collectés, s'impose pour construire un schéma solide, prédictif et assurant la maîtrise des flux sur le territoire. Ce n'est qu'après avoir établi une quantification globale qu'une logique de mobilisation des flux est employée dans le but de mettre en évidence la part effectivement collectable de ces déchets. Ce rapport cherche à aider la Métropole dans sa recherche du dimensionnement de l'unité de méthanisation, adapté aux potentiels de collecte du territoire. Le rapport va se décliner en trois parties afin d'expliquer le contexte, les objectifs et les résultats de l'étude. La première partie va permettre de présenter les contextes réglementaires, institutionnels et énergétiques dans lequel la mission a été effectuée. Elle permet également d'expliquer les demandes de la Métropole et les objectifs qui en découlent. On se penche ensuite sur la méthodologie adoptée pour la quantification des déchets fermentescibles et la mobilisation des déchets alimentaires. Les données utilisées sont également présentées avec les sources dont elles sont tirées. Enfin la dernière partie permet de développer les résultats obtenus et les marges d'erreur des estimations. Une comparaison des quantités produites avec l'étude INDDIGO est offerte, suivie par une comparaison du potentiel énergétique avec le potentiel de méthanisation de AURA-EE. Une étude des flux est également présentée afin de rendre compte des déchets prévenus, valorisés et évités dans le but de présenter les déchets qui pourront être collectés. La conclusion de ce rapport permet de développer les différents apports du stage qui sont venus compléter la formation suivie.

I. Contexte et objectifs

À l'image du début de ce stage, le présent rapport se veut d'éclaircir les attentes et besoins de Grenoble Alpes Métropole avant de se pencher sur la formalisation des objectifs à atteindre. En effet, la principale préoccupation ressentie était de mal interpréter la demande et de produire un travail inadapté à la problématique soulevée. Cette première partie a pour vocation de rappeler le contexte dans lequel le stage a eu lieu, avec dans un premier temps une description d'un contexte général pour ensuite se pencher sur un contexte plus local et spécifique au territoire. Cette logique de contextualisation est indispensable pour comprendre pourquoi le problème est apparu, tout autant que pour comprendre comment le résoudre et par quels moyens. Il est donc essentiel d'offrir un état des lieux exhaustif, reflétant les raisons qui ont poussé la Métropole à faire appel à l'INRIA, ainsi que les schémas et plans d'actions mis en place pour aller vers une convergence des ambitions énergétiques. La formalisation des besoins du donneur d'ordre doit donc passer par une délimitation du cadre de travail qui se veut d'éviter toute perte de cohérence ou d'efficacité dans la coopération entre les deux structures. La partie se termine ainsi sur la description des objectifs visés et la priorisation des actions à mettre en œuvre.

a. Contexte réglementaire

Au cours des dernières années, les modes de consommation et de production ont d'une part entraîné une exploitation excessive des ressources de la planète, mais ont également été accompagné par une évolution croissante des quantités de déchets. Dans l'optique de s'éloigner des modes de gestion non durables, l'obligation de tri à la source et de valorisation des biodéchets des « gros producteurs » a été instaurée en France avec la loi Grenelle 2. Cette dernière est la transposition en droit français d'une démarche qui a vu le jour le 19 novembre 2008 avec la directive européenne relative aux déchets, demandant aux états membres de développer le tri et de valoriser les biodéchets. Sous cette nomenclature, on retrouve les « déchets biodégradables de jardin ou de parc, déchets alimentaires ou de cuisine issus des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, déchets comparables provenant des usines de transformation de denrées alimentaires », qui doivent dorénavant être valoriser organiquement ou énergétiquement. De cette façon, ils seront utilisés soit pour amender ou enrichir les sols, soit pour produire du gaz et échapper ainsi à l'enfouissement ou à l'incinération. La réglementation, qui concerne également les huiles alimentaires, se fait de manière progressive. Elle ne s'adresse depuis 2012 seulement aux « gros producteurs », mais suite à la Loi pour la Transition Énergétique et la Croissance Verte, on assiste à la généralisation

du tri à la source pour tous les producteurs. Cette mesure rejoint les nouveaux objectifs nationaux sur la période 2010 – 2025 qui visent à réduire de 50% les déchets enfouis et de valoriser à hauteur de 60% les déchets. En effet, de par sa compétence de gestion et de traitement des déchets, Grenoble Alpes Métropole se doit de mettre à la disposition des habitants et des professionnels une possibilité de tri à la source pour les biodéchets. La Métropole a donc décidé de développer le compostage de proximité et la collecte séparée des biodéchets, deux solutions complémentaires pour instaurer le geste de tri dans les habitudes des habitants. Suite à l'opération pilote, la collecte des déchets alimentaires se poursuit et suit une procédure de déploiement qui se veut d'englober 50 000 habitants de plus tous les 6 mois, jusqu'à 2021. Les composteurs sont également en phase de déploiement dans les habitats individuels. Aujourd'hui, le Code de l'Environnement stipule que seuls les producteurs produisant plus de 10 tonnes de biodéchets par an sont tenus par cette obligation, mais il s'agit tout de même de se pencher sur la mise en place de filières courtes de valorisation organique ou énergétique. La majorité des gros producteurs sortent cependant des compétences de la Métropole au vu des avantages économiques offerts par les sociétés privées de gestion des déchets. Une fois le seuil de gros producteur dépassé, le système de taxation passe d'une Taxe foncière d'Enlèvement des Ordures Ménagères (TEOM), basée sur la valeur locative d'un local, à une taxation de type Redevance Spéciale (RS), fonction des quantités de déchets produits et du coût du service¹. Les taxations de la Métropole permettent le financement du système de collecte et de traitement des déchets métropolitains. Les prestataires prennent en charge la majorité des flux de biodéchets, vers des sites de traitement à l'extérieur du territoire. Les installations de valorisation sont également encadrées par une réglementation pour assurer leurs fonctionnements et leurs exploitations. A tous ces textes de références concernant la protection de l'environnement s'ajoutent des réglementations propres à la protection contre les risques sanitaires. En effet, il faut savoir que les biodéchets sont considérés comme des sous-produits animaux (SPA) classés en 3 catégories auxquelles s'appliquent des contraintes particulières en matière de traitement. Des réglementations européennes spécifiques à ces SPA visent à prévenir la diffusion d'agents pathogènes, et ont débouchés sur l'arrêté du 8 décembre 2011². Seuls les déchets de catégorie 2 et 3 sont, après traitement, potentiellement méthanisables. Les installations de traitement de biodéchets doivent donc être soumises à une obligation d'agrément sanitaire et des modalités techniques doivent être mises en œuvre au niveau du

¹ Les prestataires privés taxent également leurs clients en fonction du poids collecté.

² Les déchets de catégorie 1 présentent le risque le plus élevé pour la santé humaine et animale. Le mode de traitement de ces déchets est la destruction (incinération). Il ne sont pas comptabilisés dans cette étude.

compostage et de la méthanisation. Cette logique de gestion des déchets doit néanmoins être accompagnée en aval de mesures de réutilisation des excédents alimentaires, elles aussi assujetties à des règles sanitaires. Ces différentes mesures permettent une réduction à la source et un réemploi des biodéchets par le biais de transformation, de redistribution et de consommation des produits encore consommables. Il faut respecter la hiérarchie de prévention et de gestion pour réduire les quantités produites dans un premier temps, et seulement ensuite se pencher sur les solutions de valorisation.

b. Contexte institutionnel

On rappelle que « le meilleur déchet est celui qu'on ne produit pas » : la mise en place du tri et de la gestion spécifique de ce type de déchets doit ainsi représenter pour les professionnels une opportunité d'identifier les biodéchets qui pourraient être évités. C'est pour cette raison que l'ADEME a mis en place un organigramme décisionnel pour la mise en place du tri et de la valorisation de ce type de déchets. Après identification et évaluation des quantités de biodéchets concernés, le premier réflexe est de prendre des mesures pour réduire ces quantités. Le schéma adopté rejoint les principes du CODEC : Contrat d'Objectifs Déchets et Economie Circulaire de la Métropole dans lequel s'inscrit la mission de quantification. Le CODEC est un plan d'action optionnel qui se veut de promouvoir l'économie circulaire. Ce concept, souvent réduit à la seule notion de recyclage, s'articule autour de 3 champs :

- la production et l'offre de biens et de services pour un approvisionnement durable en ressources, favorisant le développement de l'écologie industrielle, de l'économie territoriale et de l'économie de fonctionnalité ;
- la consommation ou demande et le comportement basés sur des achats responsables, une bonne utilisation des produits et sur un réflexe de réemploi et de réparation ;
- la gestion des déchets favorisant le recyclage et la valorisation énergétique dans une optique de considération de l'énergie fatale.

L'économie circulaire

3 domaines, 7 piliers



Figure 1 : Les 3 domaines et 7 piliers de l'économie circulaire (Source : ADEME).

En déployant le CODEC, suite logique des projets « Territoire Zero Déchet Zero Gaspillage »³ (TZDZG), l'ADEME souhaite mobiliser, inciter et accompagner les territoires dans la mise en place de politiques locales de prévention et de gestion des déchets pour ne pas gaspiller, pour réduire les quantités de déchets, réemployer localement, recycler et valoriser. Ainsi, les territoires bénéficient d'un soutien financier pour animer, sensibiliser les producteurs de déchets et mettre en œuvre des plans d'actions. Grenoble Alpes Métropole (GAM), lauréat du label TZDZG, poursuit sa démarche et a entamé en Janvier 2019 son CODEC autour de 3 objectifs principaux : réduire les Déchets Ménagers et Assimilés (DMA) de 1% par an, atteindre un taux de valorisation matière et organique des DMA de 55%, et initier 3 « boucles d'économie circulaire »⁴ locales adaptées au territoire. Ce plan d'action est en accord avec le Schéma Directeur des Déchets (SDD) et suit les grandes orientations stratégiques sur lesquelles la Métropole s'était engagées pour atteindre les nouvelles exigences réglementaires, dont celles relatives aux biodéchets. Alors que 2 de ces boucles vont se focaliser sur les filières du BTP et des équipements électriques et électroniques, la troisième est consacrée aux flux de Déchets

³ Plan d'action similaire au CODEC, également optionnel, il s'adresse aux collectivités qui souhaitent s'investir pleinement dans la prévention et la valorisation des déchets.

⁴ On entend par boucles d'économie circulaire tous mécanismes, actions et mesures permettant à la matière de conserver un titre de ressource et de se détacher de son titre de déchet, et débouchant ainsi sur une utilisation du produit alternative à l'élimination.

Organiques (DO) incluant les filières alimentation et énergie dans le cadre du nouveau projet d'usine de méthanisation de Murianette.

c. Contexte énergétique

Face aux évolutions réglementaires et aux objectifs de plus en plus ambitieux énoncés par le SDD et le CODEC, notamment en ce qui concerne la valorisation des DO, une évolution du centre de compostage de Murianette s'impose. Le site produit aujourd'hui plus de 6 400 tonnes de compost par an à destination de l'agriculture locale, à partir des déchets fermentescibles du traitement mécano-biologique (TBM)⁵ du centre de tri d'Athanor. Cependant, un projet de modernisation de la station de compostage va permettre de coupler à cette production de compost une production d'énergie renouvelable : le biométhane. La méthanisation nécessite à la fois une gestion territoriale de la matière organique et une dynamique de territoire associant différents acteurs. Au carrefour entre une filière de production de gaz naturel et une filière alternative de traitement de déchets, cette technologie contribue à atteindre une certaine dépendance énergétique tout en contribuant à ses objectifs de développement des énergies renouvelables. Le biogaz va participer au bouquet énergétique et réduire notre dépendance aux énergies fossiles. Aussi connue sous le nom de digestion anaérobie, la méthanisation est une technologie basée sur la dégradation de la matière organique par des micro-organismes, en l'absence d'oxygène. On la retrouve sous deux formes : la méthanisation en voie liquide et en voie sèche⁶, option choisie par la Métropole. La fermentation et dégradation des déchets va donc faire apparaître du biogaz (mélange gazeux composé de 50 à 70 % de méthane), ainsi qu'un produit humide fertilisant appelé digestat. Le biogaz passera ensuite par une étape de purification avant d'être injecté dans le réseau de distribution de GRDF et d'être consommé localement. Le digestat devra lui aussi passer par une phase de maturation en compostage, avant de pouvoir être épandu selon la réglementation. La modernisation du centre de compostage ne consiste donc pas en une modification complète du site, mais simplement à l'ajout d'une unité de méthanisation pour ainsi produire du gaz naturel en complément du compost certifié. Elle présente donc l'intérêt spécifique d'une double valorisation de la matière organique et de l'énergie. Elle contribue doublement à la réduction de nos émissions de gaz à effet de serre : grâce à la substitution de l'usage de ressources fossiles ou d'engrais, mais également via une diminution des quantités de déchets incinérés ou stockés. Cependant, sans étude préalable et

⁵ Le TBM vise à recycler ou optimiser le traitement des OMR. Il consiste en l'imbrication d'opérations mécaniques de tris et d'étapes biologiques de compostage ou de méthanisation.

⁶ A la différence de la méthanisation en voie liquide qui concerne les rejets liquides, la voie sèche concerne les déchets solides, comme par exemple les déchets organiques.

sans concertation territoriale, un projet de méthanisation peut vite perdre de sa cohérence. Cette méthode de valorisation reste dépendante à la fois de l'incinération ou du stockage pour les fractions de déchets non organiques ne pouvant être méthanisées, mais aussi du compostage pour traiter les déchets ligneux et finaliser la maturation du digestat. Il s'agit également de planifier un schéma territorial de gestion des déchets organiques afin de connaître la destination souhaitable de tout DO produit et d'assurer le retour au sol du digestat. C'est une approche multi-déchets, multi-filières, multi-acteurs qui demande une nécessaire concertation afin de s'assurer de la maîtrise de la ressource à méthaniser dans le temps. En effet, la multiplicité des flux, des modes de gestion, de filières de valorisation et des acteurs impliqués est croissante face aux évolutions du cadre réglementaire et au développement de l'économie circulaire. Les filières de valorisation peuvent concerner les mêmes gisements et générer des produits aux débouchés communs : il existe un risque potentiel de mise en concurrence, de conflits d'approvisionnement ou d'usage et de choix économiques inadaptés à l'échelle d'un territoire.

d. Définition des objectifs

Face à la dépendance des filières biologiques, une démarche de recensement de l'ensemble des déchets organiques du territoire, de leurs filières d'élimination, des acteurs concernés, et des solutions envisageables est primordiale. C'est effectivement la méthodologie retenue par la Métropole dans le cadre du CODEC qui se base sur deux principes clés. Elle souhaite adopter une approche multi-flux déchets, multi-flux ressources et multi-filières économiques pour initier des boucles d'économie circulaire à fort impact sur la résilience du territoire. Cette démarche nécessite d'établir un diagnostic stratégique partagé flux-filière via une quantification et une modélisation des flux à l'échelle métropolitaine, dans l'optique d'une éventuelle mobilisation des ressources ou d'une implication des acteurs dans la co-construction du plan d'actions. C'est dans ce cadre d'analyse des flux de biodéchets sur le territoire GAM que la Métropole a fait appel à l'INRIA Grenoble et plus particulièrement à l'équipe STEEP (Soutenabilité, Territoire, Economie, Environnement et Politique locale). Au sein de cette équipe, les différents membres cherchent à développer des outils d'aide à la décision pour la transition écologique à des échelles infra-nationales. Ils se concentrent notamment sur la comptabilité écologique, qui consiste en une analyse de l'économie et des limites environnementales en unité physique, par le biais d'un couplage entre analyses de flux de matières des filières et analyses de cycle de vie. Cette analyse des flux de déchets a pour but de compléter deux précédents supports qui mettent en avant le potentiel de méthanisation du territoire. La première est l'étude de faisabilité de collecte de biodéchets chez les gros

producteurs⁷, réalisée par INDDIGO pour le compte de la Métropole, dont le but est de quantifier les biodéchets des ménages et des professionnels. C'est à partir de cette étude qu'un potentiel annuel de 20 000 tonnes de biodéchets a été établi, comprenant 10 000 tonnes de déchets ménagers, 4 000 tonnes de déchets « assimilés » de petits producteurs, ainsi que 4 000 tonnes pour les gros producteurs. 1 800 à 2 000 tonnes de déchets verts (DV) devront également être mobilisées dans le but d'être mélangées avec le digestat⁸. La partie ligneuse de ces derniers permettra de former un compost solide en l'associant au liquide résultant du processus de méthanisation. Le second potentiel méthanogène est calculé grâce à l'outil d'estimation TerriSTORY développé par AURA-EE. Face à ces résultats, plusieurs objectifs se sont déclinés afin d'agrémenter et de perfectionner les estimations. Dans une logique de vérification des données et de paramétrage de la station de méthanisation, une quantification supplémentaire des DO se doit d'être effectuée pour conforter les chiffres obtenus précédemment. Cependant, cette quantification théorique doit être accompagnée d'un travail de collecte de données afin de conforter les estimations avec des données réellement observées. En agrémentant le travail de recherche avec les données de production de biodéchets spécifiques aux structures de la Métropole, les ratios théoriques nationaux pourront être rectifiés. Dans un second temps, une attention particulière est apportée aux 4 000 tonnes des gros producteurs et aux moyens nécessaires pour qu'ils soient effectivement envoyés dans le futur site de Murianette. En effet, la majorité des gros producteurs ne fait plus partie des compétences de la Métropole et est aujourd'hui collectée par des prestataires privés. Enfin, la quantification doit être complétée par une vision plus précise des flux du territoire. Une cartographie schématique est donc attendue afin de mettre en évidence les gisements de déchets disponibles et mobilisables pour la station de méthanisation. Cette représentation vient compléter les études précédentes en offrant un aperçu des différents exutoires, des opportunités de réduction des quantités et des quantités non-accessibles.

⁷ « Etude de faisabilité de la mise en œuvre d'un service de collecte et traitement des biodéchets issus des gros producteurs », Phase 1, Février 2015

⁸ SDD 2020-2030

II. Méthodologie et champ de l'étude

Cette partie expose une synthèse de la méthodologie globale (ratio de références, données de bases, hypothèses). L'approche adoptée dans cette étude se base sur la définition d'une terminologie sur le niveau des gisements à évaluer, gisement brut de production, brut disponible, net disponible. En intégrant les spécificités de la Métropole en terme de prévention, de valorisation et des modalités de gestion et de traitement des déchets, on estime les volumes des ressources mobilisables en 2030. L'estimation des gisements potentiels et le diagnostic de cette filière est nécessaire pour la planification du projet. Elle va permettre de mettre en évidence les ressources méthanisables conformes à la future station de Murianette. C'est dans ce sens que le terme de ressource est employé plutôt que de gisement. Un gisement est limité et figé, une ressource est présente à un instant t et doit entrer dans une logique de mobilisation et de filière, elle est soumise à des flux.

a. Terminologie et domaine d'étude

Le périmètre d'étude comprend la totalité des communes de Grenoble Alpes Métropole. Afin de quantifier de manière exhaustive les gisements disponibles, l'étude prend en compte donc l'ensemble des habitants de l'agglomération grenobloise, soit 462 797 habitants⁹. De plus, en accord avec les méthodologies de l'ADEME et de AURA-EE, cette étude dépasse le champ strict des biodéchets pour s'intéresser à l'ensemble des déchets fermentescibles retrouvés dans les unités de méthanisation et ainsi déboucher sur le potentiel de méthanisation du territoire. Le domaine d'étude englobe les déchets agricoles d'élevage et de culture, les boues de STEP, les déchets provenant des Industries Agro-Alimentaires (IAA), les biodéchets et les déchets verts. Cependant, le bois énergie et les autres sources de biomasse ont volontairement été laissés de côté. Les travaux déjà effectués par l'INRIA sur les flux de biomasse pourront être éventuellement repris pour offrir une quantification globale de la biomasse sur la métropole de Grenoble. Les SPA de catégorie 1 ne font également pas parti de notre étude du fait qu'ils ne soient pas traitables par voie organique.

⁹ Source INSEE

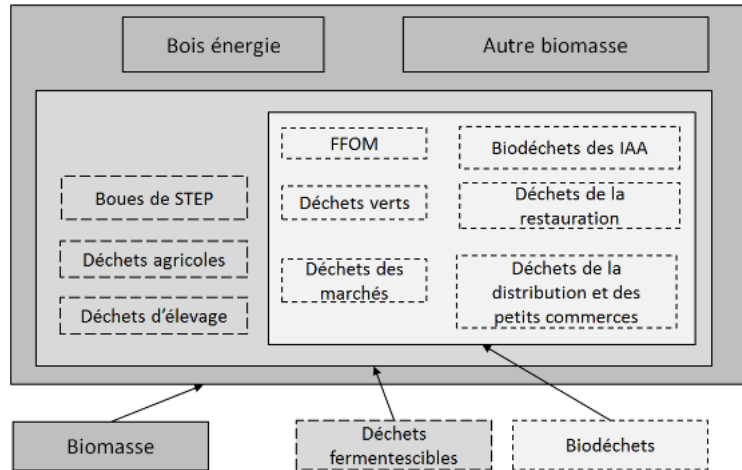


Figure 2 : Catégorisation des déchets organiques (Source : ADEME).

En France, les objectifs de développement des énergies renouvelables ont donné lieu à plusieurs études de potentiels de méthanisation dans lesquelles les méthodologies employées ne sont pas tout à fait identiques. Selon les territoires, on remarque que le champs d'étude peut varier et que les hypothèses ont été adaptées, tout comme les données utilisées. Cependant, la quasi-totalité de ces études s'est inspiré de la méthodologie globale d'évaluation de l'ADEME¹⁰. A l'image des études réalisées, les évaluations de gisements et de potentiels se basent sur cette méthodologie commune à l'ensemble des secteurs de production de déchets fermentescibles. Elles sont ensuite complétées par des données locales et hypothèses spécifiques au contexte de la Métropole. La méthodologie repose sur une terminologie détaillée de gisements qui va mettre en évidence les différences entre les quantités produites, les quantités disponibles et les quantités mobilisables pour la méthanisation. La première étape consiste à évaluer le Gisement Brut de Production (GBP) grâce à un ratio de production de matières et aux données structurelles. Cependant, toute la matière produite ne nécessite pas d'être gérée. Le gisement va diminuer en accord avec les différents moyens de prévention et de valorisation pour finalement laisser apparaître un Gisement Brut Disponible (GBD). Ce dernier reflète les déchets fermentescibles restants à la charge du producteur après récupération des ressources exploitables. Cependant, pour des raisons d'accessibilité et de qualité de tri, le GBD contient des matières non organiques et ne pourra pas être complètement valorisé. Des critères technico, socio-économiques vont permettre de mettre de côté les déchets non exploitables et feront apparaître un Gisement Net Disponible (GND). Enfin, un ratio de pénétration va déterminer le

¹⁰ « Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation », ADEME, Avril 2013

Gisement Mobilisable (GM) pour la méthanisation selon les tendances de gestion des déchets organiques locales.

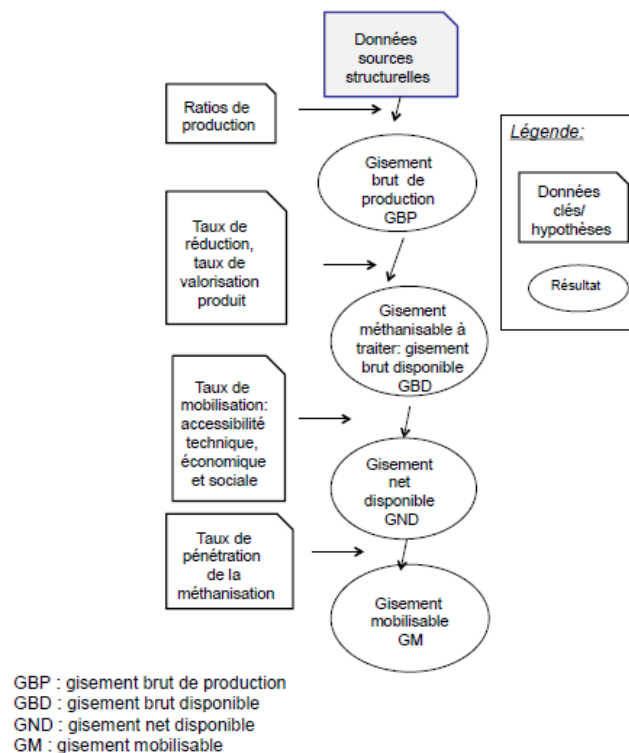


Figure 3 : Le processus d'évaluation des gisements de biodéchets (Source : ADEME).

Avant de s'intéresser à la destination des ressources, la méthodologie est appliquée à l'ensemble des matières méthanisables pour évaluer les quantités produites selon deux procédures : une logique descendante et une logique ascendante.

b. Logique descendante top-down

Les logiques développées dans les deux prochaines sous-parties caractérisent les procédures d'estimation des gisements de déchets fermentescibles. Deux méthodes ont été employées dans le but de s'approcher le plus possible des quantités réellement produites. Il a été envisagé de réaliser des enquêtes afin de déduire des ratios de production spécifiques au territoire. Cependant, de nombreux obstacles se sont présentés face à l'établissement de ces ratios. Le premier des obstacles et non des moindres est la difficulté, voir l'incapacité, pour les acteurs de quantifier les déchets générés. Seules les factures des prestataires de collectes représentent des données solides, mais les informations fournies ne renseignent en général que les quantités totales de collecte¹¹. Un second protocole d'enquête a été effectué, non pas sur la base des

¹¹ Au vue de la concurrence qui règne autour des services de gestion et de traitement des déchets, il est difficile d'obtenir les données par structures.

quantités, mais des volumes de déchets. Il est en effet plus aisé d'avoir un ordre de grandeur en terme de poubelles sorties en une semaine, et les données étaient sensiblement meilleures. Le problème de cette méthode réside cependant dans la conversion du volume en quantité. En effet, les biodéchets détiennent des densités extrêmement variables et la fiabilité des données est d'autant plus compromise. Le dernier frein à l'établissement de ces ratios est la faible représentation des structures qui participent aujourd'hui à un tri à la source des biodéchets. L'échantillon qui en est ressorti n'est pas représentatif et il semble peu cohérent de déduire des moyennes avec une base de données si pauvre. C'est pour cette raison qu'avoir recours à une logique descendante semble être une méthode plus solide pour estimer les déchets fermentescibles du territoire. Cette approche dite top-down se veut de décrire une démarche d'agrégation de données à une échelle plus grande que le périmètre de l'étude pour en déduire des ratios de production. Cette méthode présente effectivement un risque dans le sens où les données ne sont pas spécifiques au territoire, mais elle permet de dresser un premier panorama approximatif des ressources par secteur. Une étude bibliographique a permis de compléter les ratios retenus dans le guide de l'ADEME¹². De cette façon, plusieurs données ont été décrites avec différents niveaux de détails et ont été comparés avec les quantités effectivement collectées pour choisir les ratios les plus appropriés. Cependant, l'étude citée fait un état des lieux des données disponibles selon les matières afin d'établir des « ratios références » dans le calcul de gisement. Elle présente donc des ratios théoriques, mais ils ont été formés à partir d'enquêtes solides, composées d'échantillons représentatifs et accompagnées de systèmes de pesées précis. Une liste exhaustive des ratios en fonction du code APE de l'activité a ainsi pu être dressée. Les GBP peuvent ainsi être évalués en appliquant les ratios de production de matières aux données structurelles du domaine d'activité. Ces données descriptives étaient en général plus accessibles, notamment par le biais de la Métropole et de AURA-EE. Ces deux partenaires ont pu respectivement transmettre toutes les informations concernant les structures présentes sur le territoire et le nombre de salariés¹³, ainsi que les données du secteur agricole. La méthode d'évaluation du cheptel et des surfaces agricoles par l'agence régionale rejoint cette logique top-down. En partant du Schéma Régional Biomasse, une méthode de répartition des données dans les communes d'Auvergne Rhône-Alpes permet d'estimer les données structurelles agricoles en accord avec le SRB. Néanmoins, certaines des données structurelles n'étant pas accessibles, la démarche de type top-down a été appliquée pour combler les données

¹² « Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation », ADEME, Avril 2013

¹³ Source CCI (2018)

manquantes. L'objectif de cette seconde logique d'estimation des gisements est d'éliminer au maximum les données approximées pour laisser place aux données observées.

c. Logique ascendante bottom-up

Contrairement à la démarche précédente, la logique ascendante cherche à agréger le maximum de données à l'échelle des structures et communes pour ainsi faire apparaître les données réelles de la Métropole. Elle va s'opérer sur 3 principaux axes de la manière la plus exhaustive qu'il soit. Le premier axe développé concerne les déchets fermentescibles collectés sur le territoire. Cela signifie qu'à l'inverse de calculer les gisements produits, il s'agit de faire un état des lieux des déchets envoyés dans les exutoires offerts à la Métropole pour offrir une quantification précise. Cet état des lieux va s'effectuer grâce à la caractérisation des Ordures Ménagères Résiduelles, aux recensements des tonnages de déchets fermentescibles collectés et aux rapports d'activité. Pour les raisons citées précédemment, il est compliqué de mettre en place des ratios de production. Cependant, cette procédure peut nous apporter des informations complémentaires qui pourront être utilisées dans une étape de vérification des premiers résultats obtenus. La caractérisation MODECOM 2016¹⁴ des OMR sur le territoire de la Métropole a permis de mettre en évidence dans un premier temps la part des biodéchets, ainsi que de différencier la part des ménages et la part des activités économiques « assimilées » dans les biodéchets des OMR¹⁵. Elle a également mis en évidence une part de déchets verts, qui va s'ajouter aux données collectées en déchetteries. La base de données offerte par l'outil SINOE offre les tonnages collectés dans chacune de ces structures et est solidifié par les données de la Métro¹⁶. Il faut tout de même noter que ne sont pas compris dans ces données certains flux de professionnels gérés par des prestataires, ainsi que les quantités liées aux actions de réduction du gisement. Ces prestataires privés collectent des déchets spécifiques et possèdent des tableaux de suivi des quantités pour établir les factures liées à ce service de traitement. Des enquêtes ont été menées dans le but de récolter ces informations et de caractériser les flux. Enfin, l'état des lieux des déchets produits se termine sur le rapport d'activité de la station d'épuration Aquapole 2018. Celui-ci renseigne non seulement les quantités de boues produites, mais également la production de biogaz et d'énergie. Le second angle d'approche bottom-up se place dans le secteur de la restauration collective. Ce secteur mérite en effet un intérêt particulier du fait que

¹⁴ Schéma Directeur des Déchets 2020-2030

¹⁵ On entend par déchets assimilés les déchets provenant d'activités économiques qui vont être collectés en mélange avec les OMR des ménages.

¹⁶ Tableau de suivi et de facturation des flux de déchets verts

l'on distingue plusieurs types de cuisines¹⁷. Cette distinction est importante au vue de la différence de ratios de production fonction de l'activité exercée (production des repas ou préparation des repas reçus). De plus, elle permet d'éviter un double comptage des biodéchets générés lors de la production et de la distribution des repas. En ce qui concerne la restauration scolaire, l'enseignement primaire, secondaire et supérieur sont respectivement gérés via la cuisine municipale centrale de Saint Egrève, le pôle restauration du Département d'Isère et le CROUS. Ces établissements ont également participé à des campagnes anti-gaspillage alimentaire. Dans ce cadre, des pesées ont été effectuées et des ratios de production de biodéchets locaux ont été établis. La restauration des établissements d'accueil hors hôpitaux et des crèches, les sites de restauration d'entreprises sous contrat et ceux de la justice ont aussi été approchés. Enfin, la démarche ascendante est de nouveau employée pour déterminer la proportion des exposants alimentaires dans les marchés de l'agglomération grenobloise. Une étude de caractérisation des marchés des différentes communes a pu en partie confirmer les quantités générées. La logique ascendante vient donc compléter la logique top-down pour donner lieu à une quantification plus proche de la réalité et plus spécifique à la Métropole. Il s'agit maintenant de se pencher sur la part de ce gisement qui pourra effectivement être collectée et envoyée vers le futur site de méthanisation.

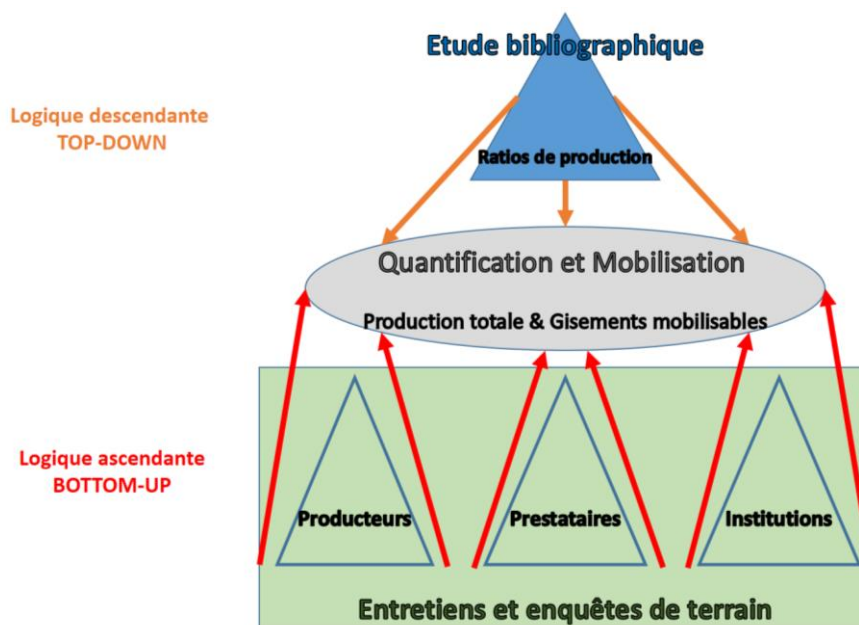


Figure 4 : Procédures d'estimation des gisements de déchets fermentescibles.

¹⁷ Les cuisines centrales qui ne font que préparer les repas et les envoyer aux cuisines satellites qui les réchauffent et les servent. Les cuisines autonomes s'occupent de la préparation et de la distribution.

d. Mobilisation et méthanisation

Les ratios de production permettent d'estimer la production de déchets fermentescibles, mais ces quantités ne seront pas toutes à destination du site de méthanisation. Il s'agit maintenant de déterminer les quantités prévenues, les quantités valorisées et les quantités non accessibles. Cette démarche permet de mettre en évidence la part des différentes ressources qui ne sont pas disponibles pour la méthanisation tout en présentant les utilisations actuelles qui sont faites des ressources. Les étapes de mobilisation correspondent à l'application de taux choisis selon les modalités de collecte des déchets alimentaires et les objectifs visés à horizon 2030 dans le SDD. On se place dans cette prospective dans le but d'évaluer un potentiel stable et durable qui alimentera le méthaniseur. Ces caractéristiques spécifiques vont venir compléter la matrice de mobilisation de l'ADEME formée à partir d'une première analyse globale de mobilisation des gisements. Les données sont des estimations formées à partir des tendances de développement des filières de biogaz et de l'évolution du contexte réglementaire et technique de la gestion des biodéchets. Elles sont également à échéance 2030, ce qui nous permet d'établir à partir de la quantification actuelle une évaluation des quantités disponibles dans une prospective de moyen terme. En effet, le dimensionnement de la station de méthanisation est capital pour la cohérence du projet. Il est impératif d'être en accord avec les mesures de prévention de la Métropole pour paramétrer le dimensionnement sur la base d'une gestion locale et autonome. De plus, les obligations de tri à la source mises en place pour les gros producteurs n'est pas encore applicables aux professionnels qui génèrent moins de 10 tonnes de biodéchets. Deux matrices sont donc proposées pour les secteurs concernés. Elles permettront de mettre en évidence la part des déchets qui sont d'ores et déjà collectés au vue des lois en vigueur. On remarque notamment que la majorité de ces flux passent par une étape de déconditionnement¹⁸. Cette tendance pousse à envisager deux scénarios : un avec et un sans déconditionneur, pour offrir des éléments de réponse au service de traitement des déchets sur une éventuelle mise en place de cet équipement. Quoi qu'il en soit, l'aspect liquide des déchets résultants du passage par cette étape ne semble pas approprié à la méthanisation en voie sèche de Murianette.

Les secteurs agricoles, le secteur agro-alimentaire, le secteur de l'assainissement et celui des déchets verts ne sont pas concernés par ces scénarios. On note par la même occasion que malgré des logiques de mobilisations identiques, les matrices de ces secteurs de productions sont moins détaillées que celles des déchets alimentaires. La matrice de mobilisation des collectes

¹⁸ Les équipements de déconditionnement permettent de traiter un flux de biodéchets emballés pour séparer le contenu organiques des contenants.

sélectives des ménages a été construite selon les modalités de collecte et de compostage du SDD de la Métropole et des premiers ratios de collecte établis. L'application de cette matrice dans le cadre d'une autre étude est déconseillée. Son caractère spécifique à l'agglomération grenobloise ne permet pas de l'extrapoler sur d'autres territoires.

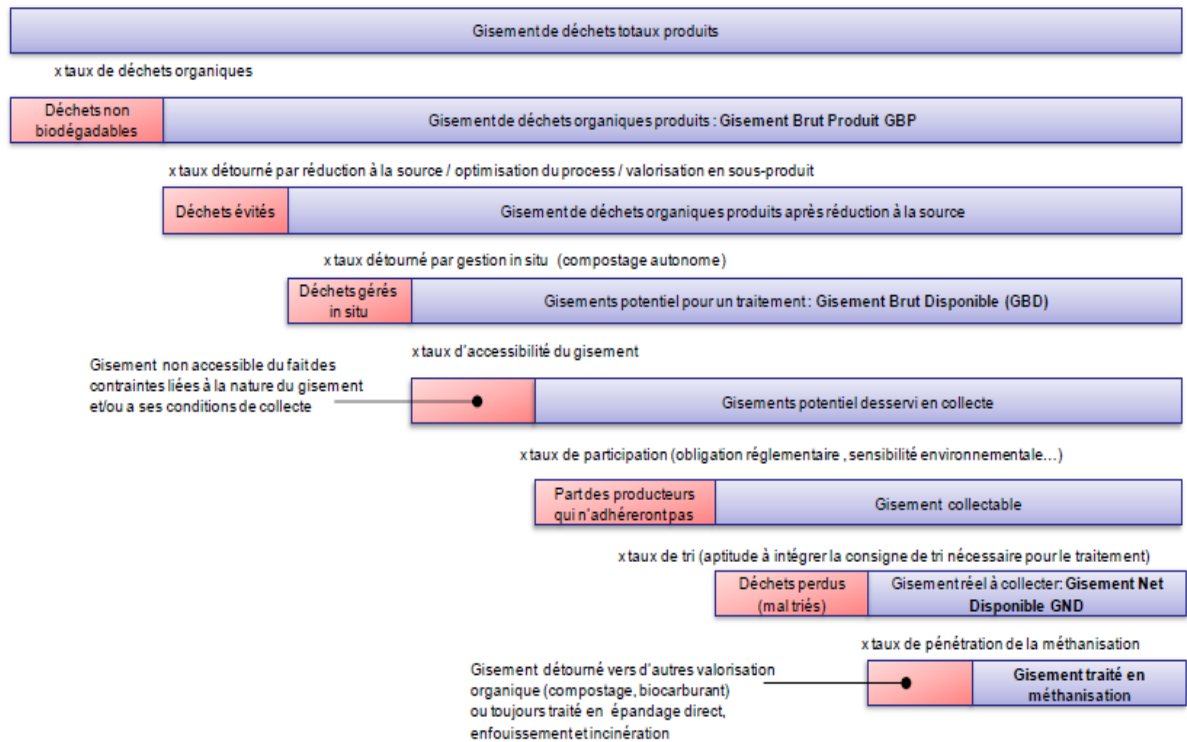


Figure 5 : Présentation des taux de réductions et des étapes de mobilisation (Source : ADEME)

Les données quantitatives du SDD liées à la réduction du gâchis alimentaire et au déploiement du compostage permettent de calculer les taux de prévention et de gestion in-situ pour les biodéchets des ménages. De la même façon, l'évitement des quantités de DV grâce à la mise à disposition de broyeurs permettent de déduire un taux de prévention approximatif pour ce secteur. A ce stade, les ressources ne se limitent pas encore à la logique déchets et sont parfois valorisées. Les autres secteurs ont également des moyens de réduire et de valoriser leurs ressources. Cependant, la Métropole n'ayant pas fixé d'objectif précis dans le SDD pour ces derniers, on reprend les objectifs nationaux déclinés dans les matrice de l'ADEME à horizon 2030. L'ensemble de ces mesures vont permettre de faire apparaître le GBD. La démarche est appliquée de nouveau en appliquant successivement les taux d'accessibilité, les taux de participation et les taux de tri des déchets pour donner le GND. La différence entre ces deux gisements représente toutes les ressources qui ne peuvent être collectées ou méthanisées pour

des soucis techniques. De nombreuses contraintes telles que les conditions et le périmètre de collecte, l'aptitude à intégrer les consignes de tri, la présence ou non d'un outil de déconditionnement vont impacter la part réellement disponible. En ce qui concerne les gros producteurs, on émet l'hypothèse qu'ils participent tous à une collecte sélective de biodéchets du fait qu'ils soient dans l'obligation de trier. On leur attribue donc un taux de participation de 100%. Le taux d'accessibilité pour les ménages est la part des habitants collectés sur le nombre d'habitants total. Le taux de tri est le rapport entre la quantité potentielle en prenant l'objectif de collecte de 24 kg/hab.an¹⁹ et le gisement effectivement collectable. Les enquêtes réalisées montrent que les déchets du CHU et des gros producteurs de la distribution sont respectivement assimilés aux barquettes et aux emballages. Ces quantités requièrent une étape de déconditionnement indispensable²⁰. C'est pour cette raison que dans le scénario sans déconditionneur, on leur attribue un taux de tri nul. La seconde hypothèse émise sur le tri est celle relative aux DV. On utilise la quantité de DV retrouvée dans les OMR, les erreurs de tri, pour déterminer le taux de tri de ce secteur²¹. Les efforts pour améliorer les gestes de tri permettent ainsi de réduire les quantités globales d'OMR et donc les quantités de déchets incinérés. A fortiori, le potentiel méthanisable sera d'autant plus élevé. Il représente le gisement mobilisable et est défini comme : « un gisement d'objectif qui peut être fixé selon les enjeux de développement de la filière méthanisation au regard des autres filières de traitement envisageables et des avantages offerts par la méthanisation »²². Du fait que l'on veuille établir le potentiel méthanisable, on émet l'hypothèse que les taux de pénétration des déchets fermentescibles des secteurs qui n'auront pas vocation à être méthanisés sont nuls. Au contraire, on attribue à tous déchets conformes aux normes de collecte un taux de 100% en vue de l'absence d'autre filière de traitement locale. Cette hypothèse rejoint notre objectif de définir le potentiel méthanisable qui suit une gestion cohérente et un traitement dans l'exutoire le plus proche. Une exception est faite pour le secteur des déchets verts. En sachant que l'on souhaite mobiliser au maximum 2 000 tonnes de cette matière pour le méthaniseur, le taux est établi comme étant le rapport entre cette quantité et le GND. Il ne restera plus qu'à appliquer les coefficients de conversions adéquates pour obtenir le potentiel méthanogène, puis le potentiel énergétique de la Métropole exprimé en MWh. Ces coefficients sont tirés de la logique top-down et de l'étude bibliographique. Afin de rester cohérent avec la démarche de AURA-EE et

¹⁹ SDD 2020-2030

²⁰ On note par ailleurs que ces déchets sont collectés en mélange avec le reste des flux. L'ensemble des quantités est pollué et doit alors passer par une étape de déconditionnement.

²¹ Caractérisation des OMR de Grenoble Alpes Métropole, MODECOM 2016

²² « Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables pour la méthanisation », ADEME, 2013

de comparer les résultats sur la base de la quantification massique, on a recours à la même conversion : 9,940 kWh PCI / m³ CH₄. Un outil d'estimation des flux de biodéchets a été créé, reprenant tous les éléments de la méthodologie et permettant de quantifier les gisements par secteurs de production. Cet outil est mis à la disposition de la Métropole, et pourra ainsi les aider à estimer les productions de déchets des différentes structures.

III. Résultats et comparaisons

La méthodologie a été appliquée de façon similaire dans chaque secteur de production de déchets fermentescibles pour ainsi dresser les différents gisements décrits précédemment. En termes de GBP, 40% de la production totale provient des déjections d'élevage. Ce secteur est suivi des secteurs des déchets verts et des déchets alimentaires des ménages, qui sont néanmoins les secteurs aux parts les plus importantes dans le GM. Les répartitions vont également variées selon les scénarios choisis : un premier scénario 2030 établit une quantification à prospective de moyen terme, le second scénario Murianette va seulement reprendre les taux de mobilisation employés, sous hypothèse que la Métropole mette en œuvre des actions de sensibilisation ciblés. Voici un aperçu de la quantification globale des déchets fermentescibles de la Métropole sous les différents scénarios.

Scénario	Secteur de production	GBP (t / an)	GBD (t / an)	GND (t/an)	GM (t/an)	Potentiel énergétique (MWh)
Scénario 2030 avec déconditionnement	Déjections d'élevage	59371	30401	28881	6393	3767
	Résidus de culture	3323	1957	196	196	394
	IAA	2688	1912	1356	271	206
	Assainissement	8139	8139	8139	8139	18000
	Collecte sélective DALIM	20280	15920	7530	7530	8083
	Déchets Verts	36654	26378	21879	21879	1849
	Gros Producteurs	5663	4971	4048	4048	4345
	Petits producteurs assimilés	4660	3658	2501	2501	2685
	Huiles Alimentaires Usagées	1127	203	203	203	1596
TOTAL	140778	93337	74530	50957	39329	
Scénario 2030 sans déconditionnement	Déjections d'élevage	59371	30401	28881	6393	3767
	Résidus de culture	3323	1957	196	196	394
	IAA	2687,9	1912	1356	271	206
	Assainissement	8139	8139	8139	8139	18000
	Collecte sélective DALIM	20280	15920	7530	7530	8083
	Déchets Verts	36654	26378	21879	21879	1849
	Gros Producteurs	5663	4971	553	553	166
	Petits producteurs assimilés	4660	3658	975	975	293
	Huiles Alimentaires Usagées	1127	203	203	203	1596
TOTAL	140778	93337	69509	45936	32757	
Scénario Murianette optimiste - Méthanisation à Murianette sans déconditionnement	Déjections d'élevage	59371	30401	28881	0	0
	Résidus de culture	3323	1957	196	0	0
	IAA	2688	1912	1356	271	206
	Assainissement	8139	8139	8139	0	0
	Collecte sélective DALIM	20280	15920	9234	9234	9913
	Déchets Verts	36654	26378	21879	2000	169
	GP	5663	4971	935	935	1004
	Petits producteurs assimilés	4660	3658	1875	1875	2013
	Huiles Alimentaires Usagées	1127	203	203	203	1596
TOTAL	141905	93539	72699	14519	14901	

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des gisements des trois scénarios (en t/an).

Cette dernière partie permet d'analyser les résultats en terme quantitatif, en offrant une comparaison des gisements avec ceux de l'étude de faisabilité de INDDIGO et une caractérisation des principaux flux. De plus, elle donne également un aperçu du potentiel de méthanisation de la Métropole en terme énergétique. Une comparaison est également faite avec les résultats de l'outil TerriSTORY. Enfin, elle s'achève sur un éclaircissement des sources d'erreur du travail de quantification, avec les recommandations des mesures à prendre selon les gisements.

a. Quantification et comparaison avec INDDIGO

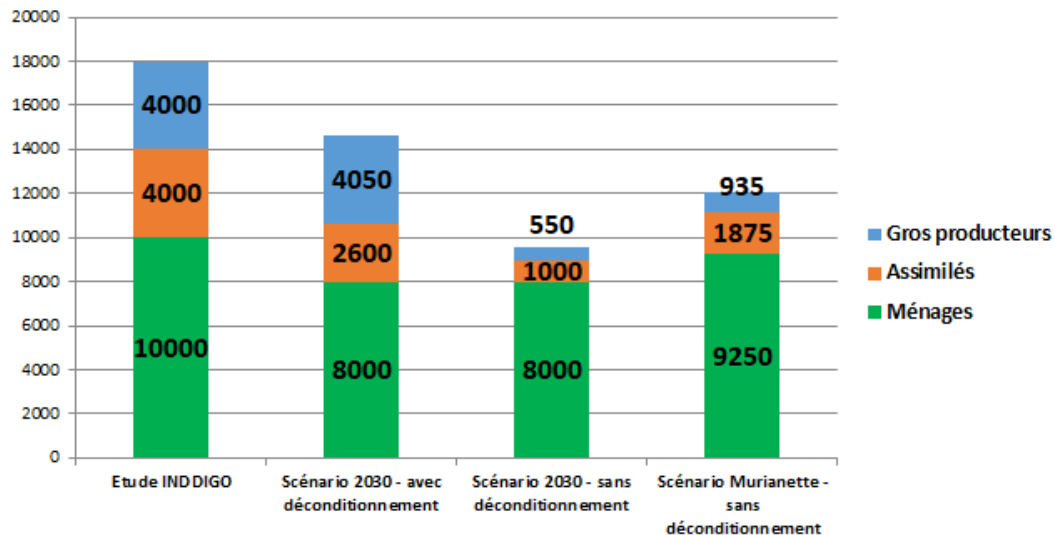
Avant de mettre en place la collecte sélective des déchets alimentaires, la Métropole a fait appel au bureau d'étude INDDIGO pour effectuer une étude de faisabilité sur la mise en œuvre de la collecte et du traitement des biodéchets chez les gros producteurs. Cette étude a permis d'établir une quantification des DO produites sur le territoire. En s'appuyant sur les expériences des territoires ayant mis en place des collectes sélectives, le groupe INDDIGO a pu établir une première estimation des quantités produites par les professionnels produisant plus de 5 tonnes de biodéchets par an. Même si il est précisé que cette quantification ne reflète pas le gisement

effectivement collectable, la logique de mobilisation employée se contente de retirer les structures qui sont déjà collectés par des prestataires privés. Le bureau d'étude estime donc que le potentiel de collecte se trouve entre le tiers et la moitié du GBP retenu²³. Cependant, au vue de la grande part de déchets déjà collectés par les prestataires et de la difficulté d'établir un service plus avantageux que ceux offerts par ces derniers, l'ouverture de l'exutoire aux prestataires privés est envisagée. En effet, l'objectif de modernisation du site de Murianette consiste avant tout à offrir un exutoire local pour le territoire de la Métropole. Malgré une mise en application rigoureuse des obligations de tri et d'un développement rapide des collectes concernant ce type de déchets, on a le regret de constater que le développement des sites de traitement ne s'est pas effectué selon une logique territoriale mais selon une logique d'économie d'échelle. Les stations de méthanisation construites sont très souvent surdimensionnées et la collecte des déchets dépasse alors très souvent l'échelle locale pour accéder aux ressources des territoires alentours²⁴. Cette tendance est peu cohérente avec les objectifs de réduction des émissions liés à l'incinération des DO. Il serait effectivement intéressant de mener une étude sur les externalités négatives liées aux transports des déchets pour estimer le périmètre maximale de collecte des ressources, et ainsi limiter les collectes sur les territoires qui ne possèdent pas d'exutoire local. Il est donc envisagé d'ouvrir la station aux prestataires privés pour limiter les distances parcourues par les déchets. Les biodéchets collectés par les prestataires pourraient alors rentrer dans le champ des quantités mobilisables, d'autant plus que l'exutoire représente pour les prestataires une nouvelle économie de coûts. En effet, après enquête directement auprès des concernés, le seul obstacle à la redirection des collectes vers Murianette serait le manque d'équipement de déconditionnement. La présente étude se veut donc de décomposer la méthodologie de mobilisation et d'inclure l'ensemble des acteurs pour ainsi dévoiler un gisement mobilisable selon des critères d'accessibilité technique de la matière organique dans les gisements collectés. Cette comparaison a donc pour but de confirmer les estimations de INDDIGO sur lesquels le service méthanisation se base pour paramétrer le méthaniseur. Elle permet par ailleurs d'évaluer les quantités qui ne sont pas accessibles sans équipement de déconditionnement. Les estimations de l'étude de faisabilité se placent entre 8 000 à 10 000 tonnes de quantités produites par an (GBP), dont 3 000 à 5 000 tonnes de biodéchets mobilisables pour le site de Murianette. Le GBP obtenu avec notre méthodologie pour les structures retenues par INDDIGO s'élève à environ 11 000 tonnes par an, gisement

²³ Estimation des quantités collectées par les autres prestataires de collecte.

²⁴ La majorité des déchets fermentescibles collectés par les prestataires privés sont actuellement traités par méthanisation dans la région lyonnaise.

comparable au précédent. Cependant, il s'agit maintenant d'analyser les gisements mobilisables.



Graphique 1 : Comparaison de l'étude INDDIGO aux différents scénarios (en t/an).

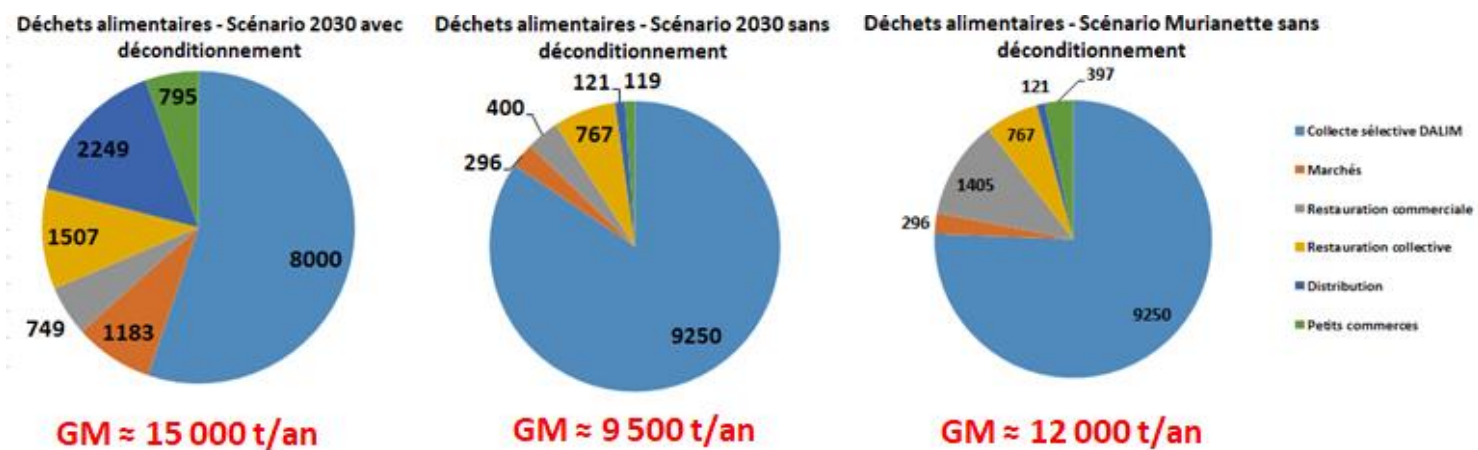
On remarque très vite que, contrairement à l'étude INDDIGO, le seuil des 18 000 tonnes n'est pas atteint dans notre étude, avec ou sans déconditionnement. La mobilisation des petits producteurs à la collecte semble également avoir été surestimée, d'autant plus que les petits producteurs produisant entre 5 et 10 tonnes sont compris dans le GM de INDDIGO. En ce qui concerne les déchets alimentaires des ménages, la première étude se basait sur la totalité de la population de la Métropole. Cependant, la collecte ne sera mise à disposition que pour une certaine partie de la population²⁵, et le ratio utilisé est bien supérieur aux données observées au cours de l'opération pilote. En effet, les 18 000 tonnes sont estimées à partir d'un ratio de 44 kg/hab, comprenant les professionnels. L'étude stipule que les ménages représentent environ trois quarts de ce ratio, soit à peu près 30 kg/hab. Ce ratio est certes observé dans certains territoires, mais il paraît difficilement atteignable sans un travail au préalable sur les gestes de tri des habitants²⁶. Au-delà des gisements évalués par INDDIGO, on remarque que les ratios diffèrent pour certains secteurs et que les jardineries et fleuristes sont compris dans la quantification²⁷. De plus, les estimations des restaurations collectives de l'enseignement sont

²⁵ Compostage de proximité prioritaire pour les habitats individuels et les zones rurales selon le SDD.

²⁶ Notons que le ratio que la Métro cherche à atteindre est de 24 kg/hab, et que le ratio de l'opération pilote est de 18 kg/hab.

²⁷ Selon les modalités de collecte de la Métropole, ce type de déchets n'aura pas vocation à être méthanisé.

supérieures à la réalité puisqu'elles dénombrent plus de gros producteurs qu'il y en a selon le service déchets de la Métropole. Il faut cependant reconnaître que la liste des producteurs de biodéchets du territoire semble exhaustive contrairement à la présente étude. Seul un recensement des entreprises commerciales produit par la CCI pour le compte de la Métropole était mis à disposition. La logique bottom-up a été employée à la vue de l'absence de certaines structures, mais l'étendue de la tâche ne permet pas de dire qu'elles ont toutes été recensées. Le second élément apporté par le graphique est la différence de gisement entre les deux scénarios proposés. En effet, sans déconditionnement, une grande majorité des déchets des gros producteurs ne sont pas accessibles. On remarque que le GM va très fortement diminué, pour se placer juste en dessous de 10 000 tonnes. Cette baisse est en effet due à l'inaccessibilité des déchets du CHU et de la grande distribution, mais cette tendance est aussi valable pour les autres producteurs de déchets alimentaires.



Graphique 2 : Comparaisons des GM de déchets alimentaires entre les scénarios (en t/an).

Une analyse des flux va permettre de mieux appréhender la logique de mobilisation et de comprendre les destinations actuelles des gisements.

b. Caractérisation des flux

Afin de visualiser le gisement effectivement mobilisable pour la station de méthanisation, on se place maintenant dans le scénario Murianette. La quantification de ce scénario est la même que pour les autres, mais on observe tout de même des écarts entre les GM. Ces différences sont le résultat d'une modification des taux de mobilisation, qui pourrait être observée dans la réalité

si la Métropole entame des démarches auprès des producteurs de déchets. Pour atteindre les quantités de ce scénario, une implication des particuliers et des professionnels est nécessaire et impactera respectivement le gisement des ménages²⁸ et celui des assimilés. Du fait que seuls les déchets alimentaires puissent être méthanisés, on attribue cette fois un taux de pénétration nul pour les secteurs correspondants à des déchets fermentescibles non alimentaires. En suivant la même logique, on se place dans une situation sans déconditionnement et avec des taux un peu plus optimistes que dans le scénario précédent. Seuls deux gisements sont vus à la hausse, puisque les deux seules modifications apportées concernent le taux d'accessibilité de la restauration commerciale et de la collecte sélective des ménages. Ce scénario se veut de mettre en évidence le potentiel de méthanisation sur le long terme après sensibilisation de la part de la Métropole pour améliorer les gestes de tri. On obtient alors le diagramme de Sankey suivant.

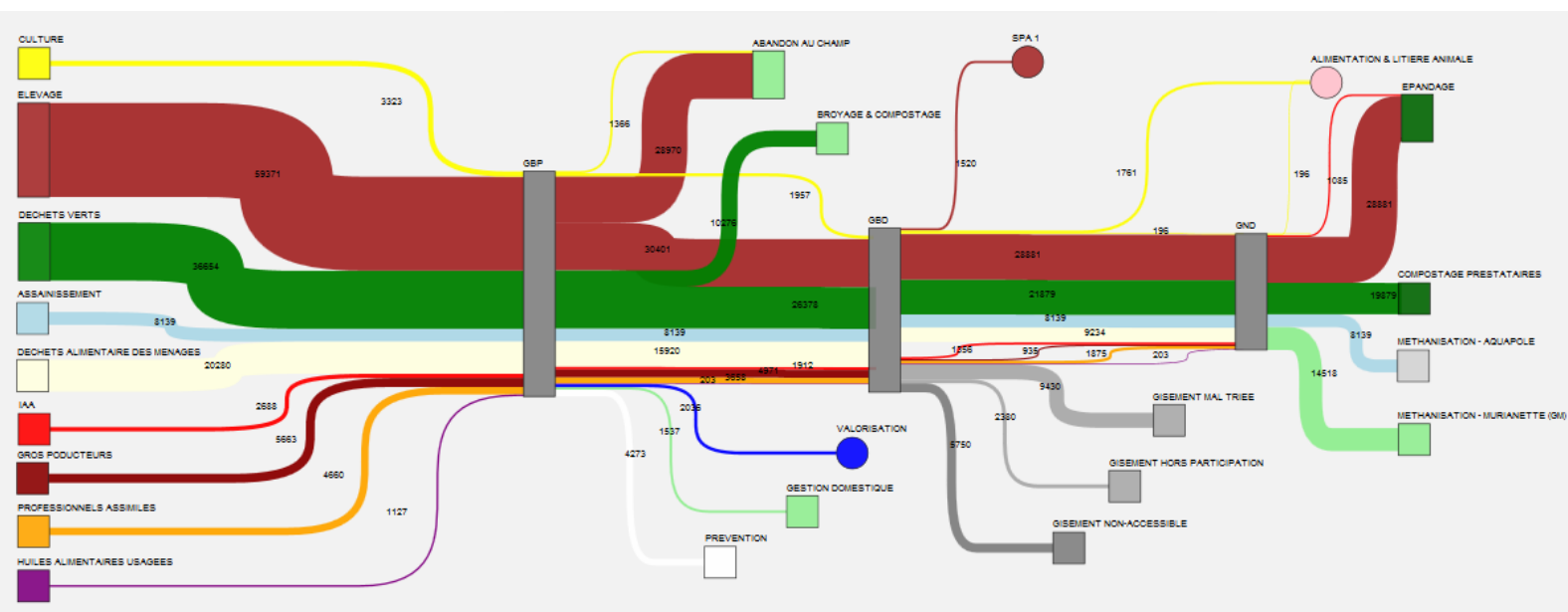


Figure 6 : Cartographie des flux de biodéchets du scénario Murianette sans déconditionnement (en t/an).

A travers ce diagramme, on peut observer les réductions des différents gisements pour arriver au GM. Les premières quantités à soustraire sont les résultats des mesures de prévention, de gestion à domicile des déchets et des différentes valorisations des gisements. Grenoble Alpes Métropole s'est en effet engagée dans de nombreuses campagnes anti-gaspillage alimentaire,

²⁸ Le GM du scénario Murianette est obtenu avec un ratio de collecte de 27 kg/hab appliqué sur le périmètre de la collecte sélective.

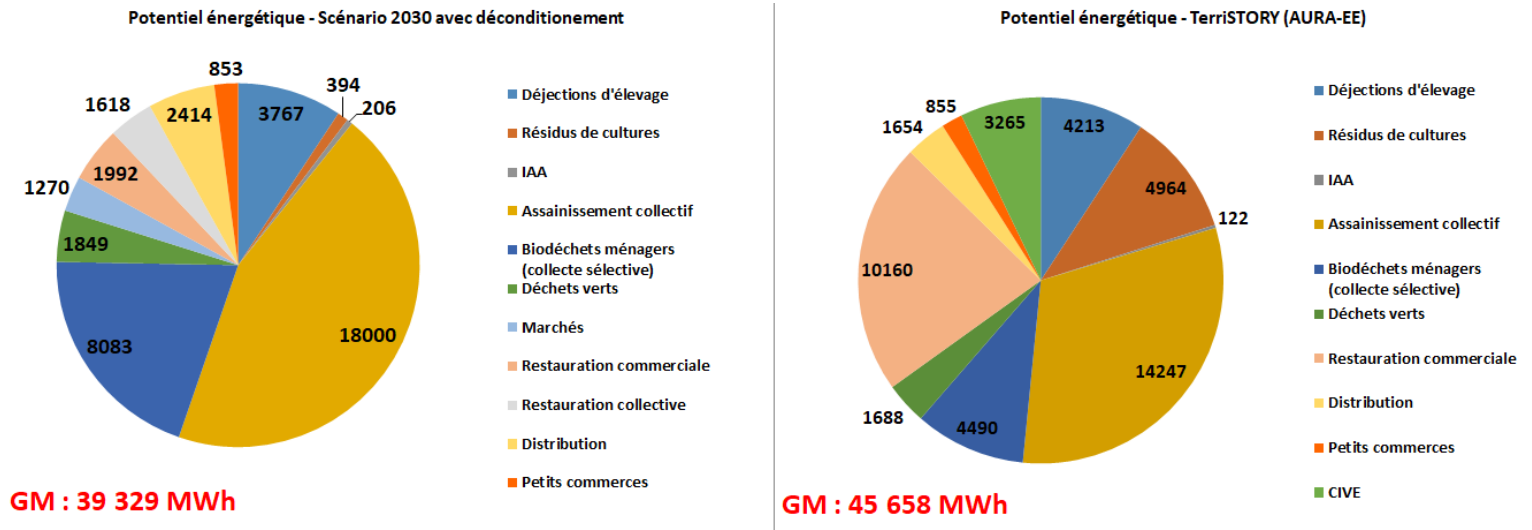
notamment dans les restaurations scolaires primaires et collèges et à travers le plan interterritorial de l'alimentation. La Banque Alimentaire d'Isère à elle seule permet de détourner environ 1 300 tonnes de déchets du secteur de la distribution et de l'IAA pour ensuite les rediriger vers les 90 associations partenaires. De plus, des pratiques telles que le glanage à la fin des marchés ou la redistribution de produits aux employés permettent également de réduire les quantités à gérer. Pour ce qui concerne la valorisation des produits, elle reste marginale dans le secteur alimentaire. En effet, en dehors de la restauration commerciale et de l'IAA qui ont la possibilité de valoriser les déchets, les différentes réglementations limitent le réemploi des produits. Dans le secteur des professionnels de l'espace vert, de nouvelles pratiques voient le jour pour limiter la gestion de ces déchets. Les tontes mulching, le broyage et le paillage permettent de laisser les quantités produites sur place. Elles sont d'autant plus utilisées du fait que les professionnels se voient dans l'obligation de se débarrasser des DV dans les déchetteries où ils payent en fonction des quantités. Enfin, les déchets des secteurs agricoles disposent d'un exutoire local : le champ. Contrairement aux différentes évaluations des potentiels de méthanisation retrouvées, la présente étude évalue les quantités de déjections laissées au champ. L'estimation permet de mettre en évidence les quantités qui échappent à la gestion des déchets, et ainsi rendre compte des avantages liés à une augmentation du temps de pâturage. Cette initiative est survenue suite à un travail particulier sur la problématique de gestion du fumier équin. Les enquêtes auprès des centres équestres et des écuries ont montré que la majorité des effluents est épandu sur des terres agricoles. Cependant, à l'image des biodéchets, on remarque que ce retour au sol s'effectue à l'extérieur de la région à défaut de lieux d'épandage aux alentours de Grenoble. Une nouvelle enquête auprès des éleveurs de la Métropole pourrait révéler la même situation pour les déjections provenant des autres animaux. Même si les projets de méthanisation à la ferme se multiplient en France, les quantités produites sur le territoire ne semblent pas suffisantes pour justifier la mise en place d'une telle installation. La seconde observation qui ressort de l'étude des flux est la quantité de déchets perdus entre le GBD et le GND. En effet, les gisements inaccessibles, de non-participation et mal triés vont être assimilés aux déchets non-valorisables. Ils seront alors très probablement incinérés, et c'est sur ces quantités que la Métropole peut agir. Les actions de sensibilisation et d'amélioration des gestes de tri auront un impact sur les taux de mobilisation et permettront d'atteindre les objectifs de valorisation organique des déchets fermentescibles. Cette remarque doit davantage être considérée du fait que le scénario Murianette reflète un GM potentiellement atteignable après un travail sur le taux d'accessibilité de la restauration commerciale. Dans le cas des déchets alimentaires, il s'agit de réduire au maximum la part des biodéchets assimilés aux OMR. De

cette façon, les déchets seront toujours valorisés énergétiquement via la méthanisation. Dans le but de limiter au maximum l'incinération de cette ressource, la Métropole souhaite mettre en place une nouvelle Tarification Incitative (TI) pour les OMR. Comme son nom l'indique, la redevance incitative est une forme de financement pour les particuliers similaire à la redevance spéciale. Face à une augmentation du coût lié à la gestion de leurs déchets, les ménages seraient alors d'autant plus inciter à bien trier les déchets alimentaires pour réduire la quantité sujette à la TI. L'objectif de cette mesure est de substituer une des deux collectes d'OMR par semaine par une collecte sélective. On conclue cette analyse du diagramme sur l'estimation du gisement mobilisable du territoire. Le potentiel de collecte avoisine les 15 000 tonnes, après incorporation des 2 000 tonnes de déchets verts nécessaires pour la phase de maturation du digestat. Cette valeur est inférieure aux 18 000 tonnes prévues, mais l'écart de 3 000 tonnes ne semble pas pouvoir être comblé sans étape de déconditionnement. Un point est accordé aux recommandations face à l'écart entre ces quantités à la suite de la présentation du potentiel énergétique du territoire.

c. Potentiel de méthanisation et comparaison avec AURA-EE

Dans le but de comparer le potentiel de méthanisation évalué avec celui de AURA-EE, on reprend les catégories exploitées dans l'outil TerriSTORY. On note que le secteur de la restauration collective et les marchés ne font pas partis de l'évaluation, mais que l'outil intègre les CIVE. Du fait que ces dernières n'aient pas le statut de déchets, elles ont été volontairement mises de côté. Il faut donc garder en tête qu'une partie de la différence entre les deux évaluations est en partie expliqué par ce point. Dans cette optique d'évaluation générale, on a recours aux GM du scénario 2030 avec déconditionneur pour convertir les quantités massiques en quantités énergétiques. L'outil de AURA-EE ayant pour but d'évaluer le potentiel global du territoire, on souhaite faire de même en gardant les taux de pénétration de 100% pour les déchets alimentaires tout en conservant la logique de mobilisation. On remarque par ailleurs que la méthodologie de TerriSTORY intègre une logique de mobilisation seulement pour les secteurs agricoles de l'élevage et des cultures, de l'IAA et de l'assainissement. La conversion énergétique pour les autres secteurs est évaluée directement à partir du GBP. En ce qui concerne les méthodes d'évaluation des quantités de cultures, du cheptel d'élevage et des biodéchets produits par les ménages, AURA-EE utilise une méthode de réconciliation des données à partir des chiffres du SRB concernant les déchets agricoles et les OMR produits sur le périmètre de la région. Enfin, il est important de noter que les données relatives aux potentiels méthanogènes, les

caractéristiques physiques des déchets et les coefficients de conversion utilisés dans les études sont, pour la quasi-totalité, identiques.



Graphique 3 : Comparaisons des potentiels énergétiques INRIA - AURA-EE (en MWh).

Globalement, on note une différence de 5 000 MWh entre les deux estimations. Le potentiel de méthanisation de la Métropole devrait donc être compris entre 40 000 et 45 000 MWh. Si on soustrait de base le potentiel des CIVE, on remarque que les potentiels se rejoignent un peu plus, avec une différence inférieure à 1500 MWh. Cependant, on remarque des disparités plus importantes pour certains secteurs. La première et la plus importante des différences s'observe pour les résidus de cultures. La méthode d'évaluation de AURA-EE pour ce potentiel ne fait pas appel à de ratio de production. Cependant, les données structurelles utilisées sont les mêmes. Cela signifie que l'écart observé provient de la méthode de réconciliation des données du SRB. Pour le secteur de l'assainissement, la différence est expliquée par le fait que la station d'épuration de AQUAPOLE recouvre un périmètre légèrement supérieur à la Métropole. Si on soustrait les habitants couverts par la station mais ne faisant pas parti de l'agglomération grenobloise, les données devraient se rapprocher. Les deux potentiels liés à la collecte sélective des ménages ne se rejoignent pas complètement non plus. Les ratios de collecte de TerrisSTORY rejoignent la réalité observé sur l'opération pilote, et l'outil tient compte des habitants non collectés pour les habitats individuels. On explique donc l'écart entre les deux potentiels du fait que le total des déchets produits en Auvergne Rhône-Alpes est utilisé pour

calibrer les valeurs. Le secteur de la restauration commerciale de AURA-EE semble surestimé. Cette tendance vient probablement du fait que l'on retrouve dans les codes APE des entreprises de livraison de repas à domicile ne produisant pas de déchets alimentaires. De la même façon, les autres codes APE recouvrent également des activités de gestion et de services ne produisant pas de biodéchets. Un écrémage de la base de données de la CCI a permis d'écarter ce type de structures. De plus, le taux de participation de 30% des restaurations commerciales participent également à l'écart entre les deux résultats. On note néanmoins que les potentiels des déjections d'élevage, des déchets verts, de la distribution et des petits commerces sont relativement proches. Afin d'éclaircir les différences entre les deux évaluations, un dernier entretien avec AURA-EE est prévu avant la fin de la mission. Cependant, une interprétation des marges d'erreur de cette étude est proposée dans le but de comprendre en quoi les prévisions pourraient s'éloigner des données réelles.

d. Marges d'erreur et recommandations

Pour conclure ce document, on aborde les différents points qui pourraient amener des erreurs d'estimation dans la quantification. Tout d'abord, on rappelle que la plupart des ratios, des taux et certaines données sont théoriques et formées à partir d'échantillons nationaux. Des disparités entre les territoires sont souvent observées, surtout en ce qui concerne les quantités de déchets générées et les habitudes de tri. De plus, les études de terrain ont souvent montré que la gestion de proximité est favorisée, afin de valoriser les ressources. Certains établissements affirmaient déjà valoriser leurs déchets auprès d'agriculteurs ou des services de redistribution alimentaire. Avec la consolidation des lois en vigueur sur les biodéchets, la filière des déchets alimentaires laisse de moins en moins place au gâchis alimentaire. La montée en puissance de l'économie circulaire et des méthodes de valorisation informelles tend à réduire les quantités générées. Une mise à jour des ratios par le biais d'enquêtes de pesées pourraient apporter une nette amélioration de la qualité des estimations. D'autre part, les données structurelles méritent vérification auprès de la CCI afin d'ajouter les établissements non commerciales, tel que les restaurants collectifs. L'approche bottom-up n'a pas toujours aboutit et de nombreuses données ont dû être estimés. Les ratios de production par salariés dans la restauration rapide peut également être une source d'erreur, du fait que la majorité de ces emplois sont ne sont pas à temps plein. La fréquence de production par année d'un salarié n'est donc pas la même en fonction des heures travaillées. Pour des soucis de concurrence, les sites de restaurations collectives sous contrat ne souhaitaient pas faire part de leurs données. Cependant, l'accès aux tableaux de livraisons des repas permettraient de retracer tous les sites de productions de déchets

et leurs données respectives. D'autre part, les livraisons proviennent des territoires voisins. Les données utilisées se limitaient au périmètre de la Métropole. Ces informations sont capitales du fait que le ratio de production lié au type de restauration varie énormément. Le même constat est fait avec les prestataires de collecte des biodéchets. Il a rapidement été possible d'établir la liste exhaustive de ces derniers, cependant l'accès aux données de collecte s'est avéré compliqué. Elles auraient pu apporter plus d'informations concernant l'impact de la saisonnalité sur la production de biodéchets. Il a effectivement été remarqué que les marchés produisent plus de déchets l'été, mais les vacances scolaires représentent une baisse de la production sur la période estivale. Aujourd'hui on sait que les prestataires collectent plus de 3 000 tonnes par an de déchets alimentaires, mais ils ont tous comme destination le site de déconditionnement de Corbat. Ainsi, ces collectes mélangées aux emballages non organiques limitent grandement les quantités des gros producteurs. Les déchets des prestataires ne peuvent donc pas être accueillis dans la méthanisation en voie sèche de Murianette, même après un passage dans un équipement de déconditionnement. Un effort doit être effectué pour favoriser un maximum le retrait des matières non méthanisables des collectes, qui viendraient par la suite contaminer le compost certifié. Les mesures de la Métropole pour engager les habitants dans la gestion des déchets pourraient également améliorer les ratios de collecte observés. Cependant, la gestion de proximité étant favorisée, une diminution des déchets alimentaires gérés devrait être observée dans les années à venir. Le dimensionnement mérite donc d'être approfondi, surtout concernant les critères des déchets acceptés dans le site. La caractérisation des ordures ménagères a également mis en évidence la présence de 5 000 tonnes de déchets alimentaires produits par les activités économiques. En terme de production, on dépasse donc les 18 000 tonnes par an de biodéchets, mais les quantités mobilisables sont bien inférieures comme nous avons pu le voir. Afin d'atteindre les quantités énoncées dans le SDD, un ratio de 44 kg/hab devra être atteint, particuliers et professionnels confondus. Ce ratio n'est presque jamais observé dans les territoires ayant mis en place le tri à la source des biodéchets, et il paraît risqué de dimensionner le méthaniseur sur de telles proportions. La mise en place de la TI est un mécanisme qui pourrait s'avérer efficace en terme quantitatif, mais la qualité du tri pourrait être dégradée. Cependant, un approfondissement de l'étude va être effectué afin de se pencher sur les gisements potentiels de collecte sélective à proximité de Murianette. Certaines communes alentours sont également concernées par l'obligation de mettre en place un tri à la source, elles ne font pas partie de la Métropole mais pourraient participer à l'alimentation de l'usine de méthanisation. L'outil de quantification permet à l'institution d'approfondir les estimations afin de localiser les déchets alimentaires qui échappent à la collecte.

Conclusion générale

La mission de quantification se veut d'offrir une meilleure connaissance et compréhension de la gestion actuelle des déchets fermentescibles sur le territoire. Elle vient compléter les études précédentes de par sa logique de mobilisation et son étude des flux. La mobilisation du gisement étape par étape va permettre de mettre en évidence les différentes utilisations qui sont faites des déchets, ainsi que les gisements perdus sur lesquels la Métropole pourra agir dans le but d'augmenter le potentiel de collecte. Cette mission se plaçait à l'intersection d'un travail de recherches de données et de vérifications terrain. Elle vient parfaitement compléter la formation sur la thématique des déchets, peu abordé dans le master. Les principes d'économie circulaire et d'analyses de fin de cycle évoqués dans les cours de la formation ont pu être approfondis. L'étude de la filière de méthanisation a également apportée de solides connaissances sur le secteur énergétique et le développement de l'énergie renouvelable qu'est le biogaz. Les politiques publiques étudiées dans le cursus ont permis une rapide mise en situation et compréhension des objectifs visés. De plus, la maîtrise des outils informatiques était nécessaire pour accomplir la quantification. Les projets tuteurés ont permis de développer ces outils et de favoriser une entrée dans la structure de l'INRIA. Les méthodes de travail et les réflexions de l'équipe STEEP viennent aussi compléter la formation suivie, et plus particulièrement la manière d'aborder les problèmes environnementaux.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, Réduire, trier et valoriser les biodéchets des gros producteurs, Guide pratique, IDE Environnement, 2013.
- ADEME, Grenelle 2 : obligation de tri à la source des gros producteurs de biodéchets, Synthèse, Préfiguration du décret d'application, 2011.
- ADEME, ConcerTO : gestion territoriale de la matière organique, Guide méthodologique, 2018
- , Comment réussir la mise en service du tri à la source des biodéchets ?,
- ADEME, Tri à la source et collecte séparée des biodéchets, Synthèse thématique, 2019.
- ADEME, Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation, Rapport final, INDDIGO, SOLAGRO, 2013.
- ADEME, Gérer les déchets organiques, Fiche technique, 2016.
- ADEME, Méthanisation, Fiche technique, 2015.
- Schéma Directeur des Déchets 2020-2030.
- ADEME, La méthanisation en 10 questions, 2018.
- ADEME, Informer et dialoguer sur un projet de méthanisation, Bonnes pratiques à l'attention des agriculteurs porteurs de projets, ADEME, 2018
- Mazaud, D, Schéma territoriale de gestion des déchets organiques, ADEME, 2011
- Wawrzyniak, V., Potentiel méthanisable, AURA-EE, 2019

<https://terristory.fr/> (Consulté le 08.09.2019)

ANNEXES

L'économie circulaire 3 domaines, 7 piliers



Figure 1 : Les 3 domaines et 7 piliers de l'économie circulaire (Source : ADEME).

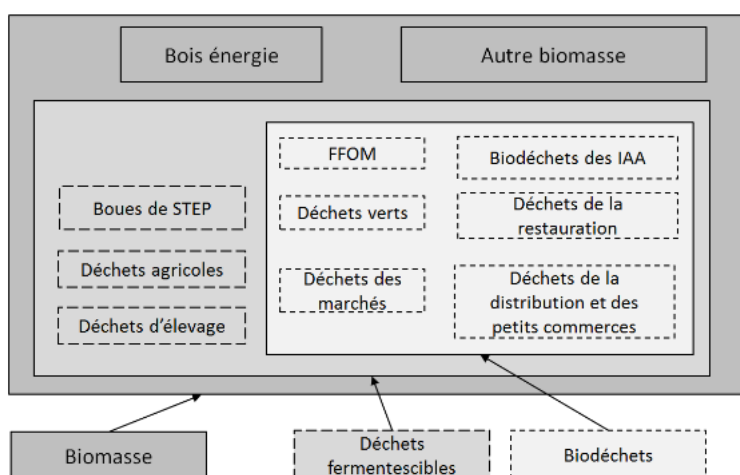


Figure 2 : Catégorisation des déchets organiques (Source : ADEME).

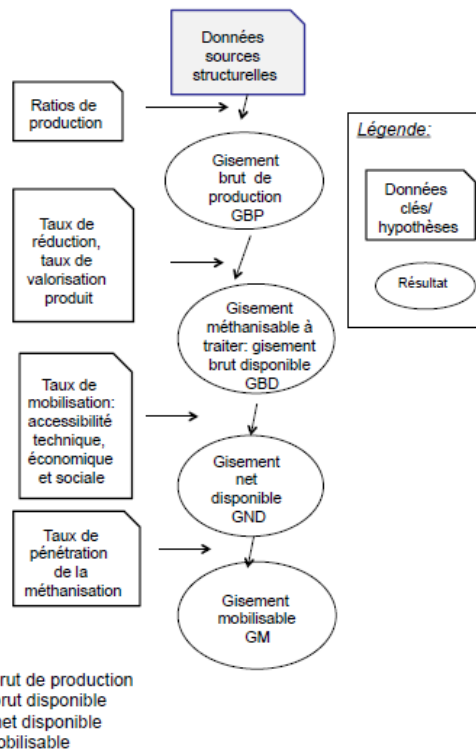


Figure 3 : Le processus d'évaluation des gisements de biodéchets (Source : ADEME).

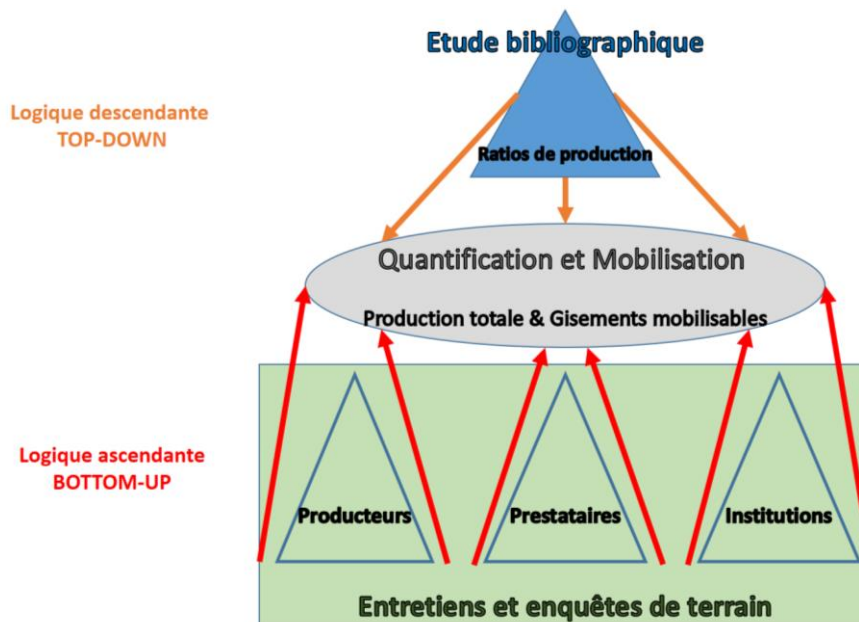


Figure 4 : Procédures d'estimation des gisements de déchets fermentescibles.

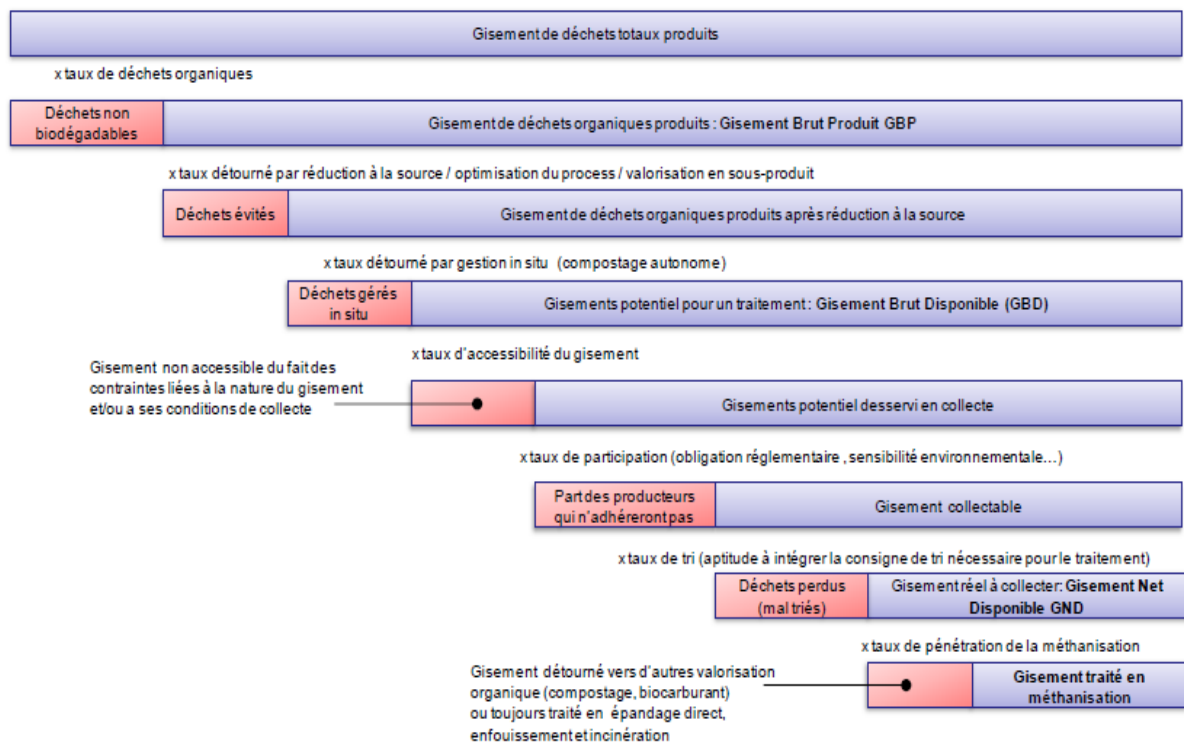
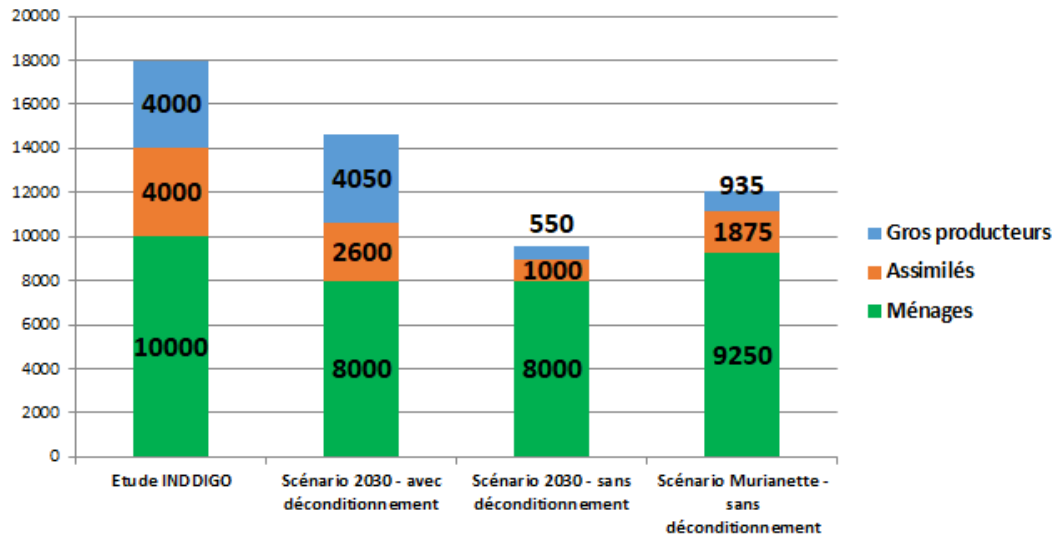


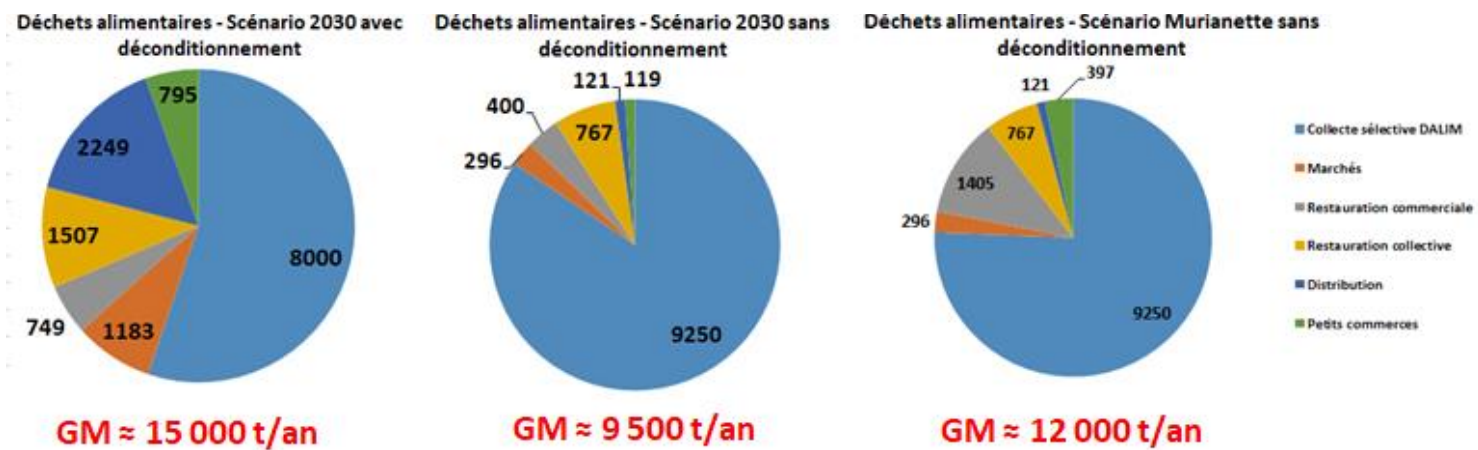
Figure 5 : Présentation des taux de réductions et des étapes de mobilisation (Source : ADEME)

Scénario	Secteur de production	GBP (t / an)	GBD (t / an)	GND (t/an)	GM (t/an)	Potentiel énergétique (MWh)
Scénario 2030 avec déconditionnement	Déjections d'élevage	59371	30401	28881	6393	3767
	Résidus de culture	3323	1957	196	196	394
	IAA	2688	1912	1356	271	206
	Assainissement	8139	8139	8139	8139	18000
	Collecte sélective DALIM	20280	15920	7530	7530	8083
	Déchets Verts	36654	26378	21879	21879	1849
	Gros Producteurs	5663	4971	4048	4048	4345
	Petits producteurs assimilés	4660	3658	2501	2501	2685
	Huiles Alimentaires Usagées	1127	203	203	203	1596
TOTAL	140778	93337	74530	50957	39329	
Scénario 2030 sans déconditionnement	Déjections d'élevage	59371	30401	28881	6393	3767
	Résidus de culture	3323	1957	196	196	394
	IAA	2687,9	1912	1356	271	206
	Assainissement	8139	8139	8139	8139	18000
	Collecte sélective DALIM	20280	15920	7530	7530	8083
	Déchets Verts	36654	26378	21879	21879	1849
	Gros Producteurs	5663	4971	553	553	166
	Petits producteurs assimilés	4660	3658	975	975	293
	Huiles Alimentaires Usagées	1127	203	203	203	1596
TOTAL	140778	93337	69509	45936	32757	
Scénario Murianette optimiste - Méthanisation à Murianette sans déconditionnement	Déjections d'élevage	59371	30401	28881	0	0
	Résidus de culture	3323	1957	196	0	0
	IAA	2688	1912	1356	271	206
	Assainissement	8139	8139	8139	0	0
	Collecte sélective DALIM	20280	15920	9234	9234	9913
	Déchets Verts	36654	26378	21879	2000	169
	GP	5663	4971	935	935	1004
	Petits producteurs assimilés	4660	3658	1875	1875	2013
	Huiles Alimentaires Usagées	1127	203	203	203	1596
TOTAL	141905	93539	72699	14519	14901	

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des gisements des trois scénarios (en t/an).



Graphique 1 : Comparaison de l'étude INDDIGO aux différents scénarios (en t/an).



Graphique 2 : Comparaisons des GM de déchets alimentaires entre les scénarios (en t/an).

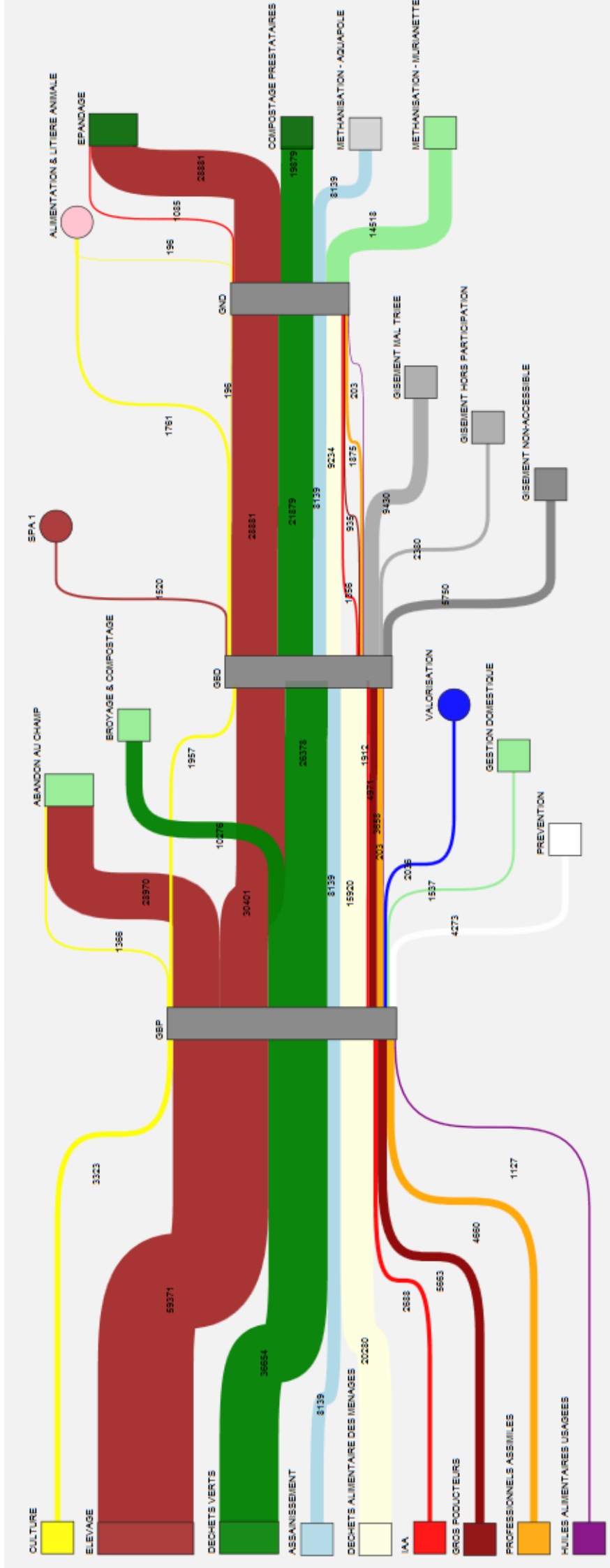
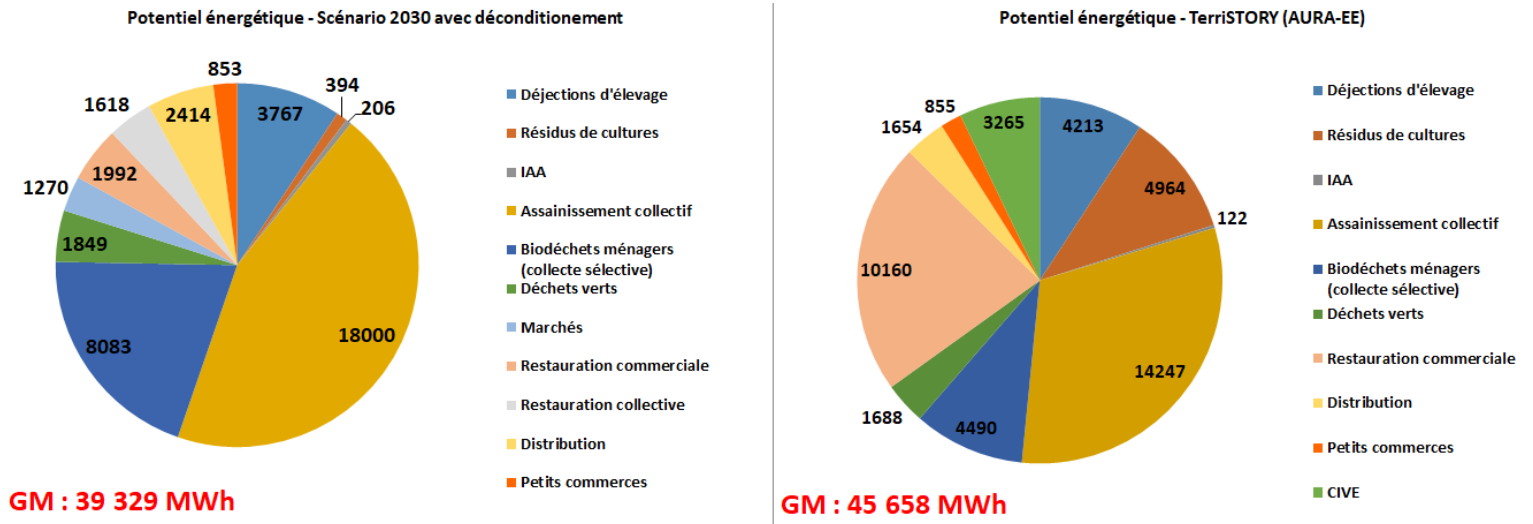


Figure 6 : Cartographie des flux de biodéchets du scénario Murianette sans déconditionnement (en t/an).



Graphique 3 : Comparaisons des potentiels énergétiques INRIA - AURA-EE (en MWh).