

Projet 'BIN2GRID'

Transformer des déchets alimentaires non exploités en biométhane à destination du réseau de stations-services

Convention de subvention No: 646560



Guide pour la méthanisation de déchets de l'industrie agroalimentaire

WP 3 – Mission 3.2

Avril 2016

The logo for ORDIF consists of a stylized graphic of three leaves in green, blue, and orange to the left of the word 'ORDIF' in a bold, blue, sans-serif font.

ORDIF

The logo for île de France features a red starburst graphic to the left of the text 'île de France' in a red, sans-serif font.

île de France

Auteurs : Jean-Benoit Bel & Fiona Craddock, ORDIF, France
Tomislav Pukšec, Université de Zagreb, Croatie
Inés Morales Aguilar & Aurora García Cañaverál, IAT, Spain
Dragi Mitkovski & Kiril Petrushevski, Ville de Skopje, République de Macédoine

Relecteurs : tous les partenaires Bin2Grid

Contact : ORDIF - Cité Régionale de l'Environnement,
90 avenue du Général Leclerc 93500 Pantin
Tél. +33 1 83 65 40 64
jb.bel@ordif.com
www.ordif.com



Ce projet a reçu un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne sous la convention de subvention No 646560.

Le contenu de ce document n'engage que la responsabilité de son auteur et ne représente pas nécessairement l'opinion de l'Union européenne. Ni l'INEA ni la Commission européenne ne sont responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations qui y figurent.

Site web Bin2Grid : www.bin2grid.eu

Contenu

Introduction	4
Glossaire et abréviations	5
1 Cadre général de la gestion des déchets de l'industrie agroalimentaire	6
1.1 Déchets de l'industrie agroalimentaire: contexte et problématiques	6
1.2 Méthanisation des déchets de l'IAA	6
1.3 Cadre réglementaire dans l'Union Européenne	7
1.4 Cadre local	11
2 Caractéristiques des déchets de l'industrie agroalimentaire	16
2.1 Considérations générales	16
2.2 Industrie de la viande	18
2.3 Industrie du poisson et des fruits de mer	22
2.4 Industrie des fruits et légumes	24
2.5 Industrie de produits laitiers	26
2.6 Produits de la minoterie	28
2.7 Boulangeries et produits à base de farine	29
2.8 Industrie des boissons	30
3 Évaluation du potentiel de production de biogaz	32
3.1 Méthode générale pour évaluer le potentiel du biogaz	32
3.2 Le potentiel de biogaz des quatre territoires cibles	34
4 Conclusion	44
5 Bibliographie	45

Introduction

Ce rapport a été élaboré dans le cadre du projet Bin2Grid (Transformer des déchets alimentaires non exploités en biométhane pour alimenter un réseau de stations-services).

Le consortium aimerait remercier la Commission Européenne pour son soutien au projet Bin2Grid ainsi que les partenaires de ce projet H2020 pour leur soutien et collaboration.

Le projet européen Bin2Grid vise à promouvoir la collecte sélective des déchets alimentaires comme source d'énergie, leur conversion en biogaz, le raffinement en biométhane et l'utilisation de celui-ci dans un réseau associé de stations-service sur 4 territoires : les villes de Zagreb (Croatie), Skopje (Macédoine) et Malaga (Espagne) ainsi que la région Île-de-France.

À cet effet, le projet définira des stratégies pour la mise en place d'un ensemble efficace de méthodes et pratiques de collecte et de traitement de biodéchets issus de différents producteurs, à savoir l'industrie agro-alimentaire, les ménages, les services de restauration & alimentation, ainsi que les magasins de détail.

Ce rapport rentre dans le cadre du volet de travail n°3 (WP3) du projet, dont l'objectif est d'analyser la disponibilité de biodéchets de l'industrie agroalimentaire (IAA) mobilisables pour la production de biogaz dans les quatre territoires cibles. Les études menées dans ce volet de travail évalueront les quantités potentielles de biodéchets pouvant être traitées par méthanisation ainsi que le potentiel en biogaz pouvant être produit. Des recommandations seront également fournies pour l'amélioration de la situation dans les quatre territoires cibles.

L'objectif de ce rapport est de fournir des grandes lignes sur la méthanisation de déchets de l'industrie agroalimentaire. Ce rapport présente le cadre général des déchets de l'IAA ainsi que de leur méthanisation et détaille, pour une série de secteurs de l'IAA, les principaux flux pouvant être méthanisés. Une méthode pour évaluer le potentiel de production de biogaz est enfin présentée et appliquée aux quatre territoires cibles afin de les aider à identifier les secteurs les plus prometteurs.

Au cours de ce rapport, différents exemples concrets sont fournis, avec des données réelles et des spécificités locales possibles ou contraintes intéressantes à prendre en compte lors d'une réflexion sur la mise en place de nouveaux projets.

Glossaire et abréviations

<i>Méthanisation (ou digestion anaérobie)</i>	La méthanisation est un procédé naturel dans lequel des microorganismes décomposent la matière organique, en absence d'oxygène, en biogaz et digestat.
<i>Sous-produit animal (SPA)</i>	Cadavres entiers ou parties d'animaux, les produits d'origine animale ou d'autres produits obtenus à partir d'animaux, qui ne sont pas destinés à la consommation humaine, y compris les ovocytes, les embryons et le sperme.
<i>Biogaz</i>	Biogaz brut qui est produit lors de la méthanisation qui se compose normalement de 50-75 Vol. % de méthane et 25-55% de dioxyde de carbone, 0-10% de vapeur d'eau et de petites quantités d'azote, d'hydrogène, d'oxygène, d'ammoniac et de sulfure d'hydrogène.
<i>Biodéchets</i>	Déchets biodégradables de jardin et de parcs, déchets alimentaires et de cuisine, restaurants, traiteurs et magasins de vente au détail et déchets semblables provenant des usines de transformation des aliments.
<i>Sous-produit</i>	Produit secondaire dérivé d'un processus de fabrication, différent du produit primaire produit
<i>Collecte</i>	Rassemblement de déchets, incluant le pré-tri et le pré-stockage de déchets dans un but de les transporter vers une installation de traitement des déchets.
<i>Industrie agroalimentaire (IAA)</i>	Ensemble des activités industrielles transformant des matières premières issues de l'agriculture, de l'élevage ou de la pêche en produits alimentaires destinés essentiellement à la consommation humaine.
<i>Tri sélectif</i>	Collecte où un flux de déchets est gardé séparément par type et nature afin de faciliter un traitement spécifique.
<i>Encéphalopathies spongiformes transmissibles (EST)</i>	Les EST, telles que l'encéphalopathie spongiforme bovine ou la maladie de Creutzfeldt-Jakob, sont des maladies s'attaquant au système nerveux de leur hôte, humain ou animal. Elles sont causées par une protéine, le prion, quand elle prend une configuration anormale
<i>Producteurs de déchets</i>	Quiconque dont les activités produisent des déchets (producteur initial de déchets) ou quiconque qui effectue un prétraitement, mélange ou d'autres opérations entraînant un changement dans la nature ou la composition de ces déchets.

1 Cadre général de la gestion des déchets de l'industrie agroalimentaire

1.1 Déchets de l'industrie agroalimentaire: contexte et problématiques

Les déchets de l'industrie agroalimentaire (IAA) peuvent être classés dans 3 catégories :

- **Déchets des processus de production**, principalement impropres à la consommation humaine ou non conforme pour la mise sur le marché ;
- **Sous-produits** : une partie des déchets peut être considéré comme sous-produits car ils représentent une ressource pour d'autres industries (l'exemple-type est celui de l'alimentation animale) et sont réutilisés dans d'autre processus ;
- **Boues et graisses**.

Le projet Bin2Grid a publié un rapport précédent en anglais (D3.1 – Mapping of food waste from the FAB industry), cartographiant les déchets de l'IAA. Ce rapport 3.1 établit l'importante diversité de déchets de l'IAA, fort dépendants de l'activité de l'industrie en question. Outre l'eau usée et la consommation en énergie, les déchets représentent un des défis environnementaux majeurs des unités de production des IAA. Les industriels ont un intérêt économique considérable à réduire la production de déchets par l'amélioration de l'efficacité des processus de production et par l'utilisation de résidus de production comme sous-produits. Cependant, le manque de débouchés pour certains sous-produits ou la législation en vigueur fait de la valorisation organique des biodéchets par méthanisation une solution particulièrement intéressante.

1.2 Méthanisation des déchets de l'IAA

La méthanisation consiste en un ensemble de procédés dans lequel des microorganismes décomposent la matière organique, en absence d'oxygène, produisant ainsi du biogaz contenant du méthane, ainsi qu'un résidu solide appelé digestat. À travers l'Europe, la méthanisation est largement utilisée pour traiter les biodéchets, les effluents industriels et les boues d'épuration. Les usines de méthanisation peuvent recourir à différentes configurations ; plusieurs paramètres peuvent être adaptés :

- **Batch or continu**: la matière organique peut être traitée soit dans un système discontinu (elle est introduite dans un réacteur batch qui reste alors scellé pendant la durée du procédé) ou dans un système de digestion continue, où la matière organique est ajoutée de manière permanente, ainsi menant à une production de biogaz ininterrompue ;
- **% de teneur en matières solide**: les digesteurs peuvent être configurés pour traiter un substrat sec ou humide, utilisant ainsi différents procédés pour organiser la circulation de la matière organique ;
- **Température** : les digesteurs peuvent opérer dans des conditions mésophiles (20-45°C) ou thermophiles (45-70°C), entraînant une différence de populations de microorganismes. Ceci aura une incidence sur le taux de production de biogaz, ainsi que le niveau de réduction d'agents pathogènes.
- **Une ou plusieurs étapes** : la digestion peut être organisée soit dans un système à une étape, où un seul digesteur est utilisé pour l'entièreté du procédé, ou dans un processus à deux étapes, permettant d'avoir un meilleur contrôle sur les réactions successives se produisant lors de la digestion.

Ces différentes configurations doivent être adaptées à plusieurs paramètres: la nature des intrants, la présence d'agents pathogènes, la production de biogaz, les contraintes techniques et économiques ...

L'industrie agroalimentaire produit une grande diversité de déchets offrant un potentiel de production de biogaz par méthanisation. Certaines fractions spécifiques présentent un potentiel méthanogène très intéressant ou peuvent apporter une contribution significative à la production de biogaz d'un processus de co-digestion utilisant des résidus agricoles (tels que le fumier) comme matière première principale.

Toute matière organique peut être digérée pour produire du biogaz, mais le potentiel méthanogène varie fort en fonction du produit et de son niveau de putrescibilité. L'une des seules exceptions sont des déchets de bois, les micro-organismes anaérobies étant incapables de dégrader la lignine.

La digestion anaérobie est confrontée à la concurrence des autres solutions pour le traitement des résidus de l'IAA, parmi lesquels l'utilisation comme sous-produit (par exemple, en alimentation animale). Bien que l'utilisation des résidus comme sous-produits est généralement préférable, il pourrait y avoir plusieurs facteurs faisant de la méthanisation une alternative intéressante: une réglementation stricte de l'utilisation des sous-produits par d'autres industries, des coûts de transport élevés en cas de forte teneur en eau qui mettent en péril l'équilibre financier d'un envoi trop distant de sous-produits, ainsi que la dégradation rapide des sous-produits dont l'impact n'affecte pas la méthanisation.

1.3 Cadre réglementaire dans l'Union Européenne

Il existe 2 principales réglementations pour les déchets de l'IAA: la Directive Cadre sur les Déchets (2008/98/EC) et le Règlement 1069/2009 sur les sous-produits animaux. Le premier texte ne cible pas spécifiquement les déchets de l'IAA mais présente des définitions générales et des lignes directrices sur les déchets organiques, les sous-produits et les principales obligations. Le second présente des obligations spécifiques pour la gestion des sous-produits animaux et pour les déchets qui incluent une part de ces sous-produits.

1.3.1 Directive Cadre sur les Déchets

La Directive Cadre sur les Déchets présente des définitions pour certains termes en rapport avec les déchets et pose les principes généraux pour l'organisation de la gestion des déchets.

La Directive Cadre définit les déchets comme « toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire; ». L'article 5 présente des définitions pour les sous-produits, un terme qui est très utilisé pour les résidus organiques de production des procédés de l'IAA. Il est défini comme une « Une substance ou un objet issu d'un processus de production dont le but premier n'est pas la production dudit bien ne peut être considéré comme un sous-produit et non comme un déchet au sens de l'article 3, point 1, que si les conditions suivantes sont remplies:

- (a) l'utilisation ultérieure de la substance ou de l'objet est certaine;
- (b) la substance ou l'objet peut être utilisé directement sans traitement supplémentaire autre que les pratiques industrielles courantes;
- (c) la substance ou l'objet est produit en faisant partie intégrante d'un processus de production; et
- (d) l'utilisation ultérieure est légale, c'est-à-dire que la substance ou l'objet répond à toutes les prescriptions pertinentes relatives au produit, à l'environnement et à la protection de la santé prévues pour l'utilisation spécifique et n'aura pas d'incidences globales nocives pour l'environnement ou la santé humaine. »

L'utilisation la plus courante des déchets de l'IAA comme sous-produits est l'alimentation animale (par ex. pour les pelures de légumes et de fruits). Les sortants organiques des entreprises de l'IAA peuvent être classés comme déchets ou comme sous-produits selon leur utilisation. La Directive exclut les sous-produits animaux de son champ du fait qu'une réglementation spécifique leur est consacrée. Elle sera détaillée en partie 1.3.3.

Parmi les principaux principes définis par la Directive Cadre, le plus important est la Hiérarchie des Déchets qui pose les propriétés pour leur gestion. Cette hiérarchie est présentée dans le tableau suivant, avec des exemples des applications pour les déchets de l'IAA et quelques commentaires :

Tableau 1: Hiérarchie des déchets et possibilités de gestion pour les déchets organiques de l'IAA

Élément de la hiérarchie	Exemples pour l'IAA	Commentaires
1. Prévention	<ul style="list-style-type: none"> Évitement strict (modification d'un procédé de production...) Redistribution de produits non conformes aux banques alimentaires 	Il est difficile de donner une liste exhaustive des actions de prévention pour les déchets de l'IAA. FoodDrinkEurope a publié une liste d'outils pour la prévention des déchets alimentaire (2015) et un rapport sur ce sujet (2014).
2. Préparation en vue du réemploi	Ceci concerne essentiellement les sous-produits utilisés pour l'alimentation animale, envoyés en fonte, ou utilisés dans d'autres industries	Il existe de nombreux exemples d'utilisations industrielles des SPA (cosmétiques, médecine...). L'utilisation en alimentation animale dépend de différents paramètres, principalement les valeurs nutritives des produits, la réglementation, les quantités produites et les débouchés locaux.
3. Recyclage	<ul style="list-style-type: none"> Compostage Méthanisation Déconditionnement Épandage 	Le recyclage est plus adapté aux flux séparés à la source. Cependant, des produits non-conformes ou périmés et encore emballés peuvent être envoyés vers de la valorisation organique via une unité de déconditionnement qui sépare les déchets organiques des emballages. Les fractions organiques peuvent subir des prétraitements (stérilisation) avant recyclage.
4. Autres modes de valorisation	<ul style="list-style-type: none"> Incinération avec valorisation énergétique Co-incinération 	Le contenu énergétique s'applique principalement aux produits ligneux et aux autres produits à haute valeur calorifique telles que les graisses.
5. Élimination	<ul style="list-style-type: none"> Incinération sans valorisation énergétique Élimination 	

La Directive indique également que les États Membres doivent promouvoir la collecte séparée des biodéchets pour le compostage ou la méthanisation et s'assurer du « traitement des biodéchets d'une manière compatible avec un niveau élevé de protection de l'environnement ». Aucune recommandation spécifique n'est formulée pour les déchets de l'IAA.

Le Paquet Économie Circulaire, adopté par la Commission Européenne en décembre 2015, inclut des propositions de modifications réglementaires sur les déchets, en particulier pour la Directive Cadre. Parmi les principaux éléments proposés, on note :

- Une limitation graduelle des déchets municipaux enfouis jusqu'à 10% en 2030;
- Une plus grande harmonisation et une simplification du cadre réglementaire sur les sous-produits et les critères de fin du statut de déchets ;
- Des nouvelles mesures pour promouvoir la prévention, qui inclut la lutte contre le gaspillage alimentaire et le réemploi.

1.3.2 Directive sur la mise en décharge

La Directive sur la mise en décharge (1999/31/EC) fixe des objectifs sur la réduction des déchets biodégradables envoyés en enfouissement, avec l'objectif suivant : "la quantité de déchets municipaux biodégradables mis en décharge doit être réduite à 35 % (en poids) de la totalité des déchets municipaux biodégradables produits en 1995". Il est probable que les Directives à venir interdisent la mise en décharge des déchets biodégradables à termes.

1.3.3 Règlement sur les sous-produits animaux

Les règlements 1069/2009 et 142/2011 établissent des règles pour la gestion des sous-produits animaux (SPA) qui ne sont pas destinés à la consommation humaine. En particulier, ils fixent des règles pour l'utilisation et le traitement des SPA. Certains types de SPA présentent des risques sanitaires importants, ainsi des traitements adaptés sont définis pour encadrer ces risques. La gestion des SPA de leur production jusqu'à leur utilisation finale, valorisation ou destruction est réglementée pour s'assurer qu'ils ne génèrent pas de risque pour la santé humaine et animale ou pour l'environnement et pour sécuriser la sécurité de la chaîne alimentaire.

Les SPA sont définis comme « les cadavres entiers ou parties d'animaux, les produits d'origine animale ou d'autres produits obtenus à partir d'animaux, qui ne sont pas destinés à la consommation humaine. » Ils sont classés selon 3 catégories définies dans les tables ci-dessous :

Tableau 2: Catégories de SPA

Cat.	Produits	Possibilités d'utilisation et de traitement
1	Ce sont les SPA qui présentent un risque très élevé. Ils incluent les animaux suspectés d'être infectés par une EST, les animaux de compagnie, de zoo ou de cirque, les animaux utilisés dans le cadre d'expériences et les animaux sauvages qui présentent un risque infectieux.	<ul style="list-style-type: none"> • Éliminés comme déchets en (co-) incinération, à la suite d'un procédé de stérilisation sous pression si demandée par les autorités compétentes ; • Pour les SPA contaminé par une EST : stérilisation sous pression, marquage permanent et enfouissement dans un centre d'enfouissement autorisé ; • Utilisés comme coproduit. <p>La méthanisation n'est pas possible</p>
2	Ces SPA présentent un risque élevé et incluent les lisiers, le contenu de l'appareil digestif, des SPA contenant des contaminants au-delà d'un certain seuil, les produits importés de pays tiers qui ne sont pas soumis à la réglementation Communautaire, et tout SPA qui ne sont ni de catégorie 1, ni de catégorie 3.	<ul style="list-style-type: none"> • Incinération et co-incinération • Enfouissement après stérilisation; • Utilisés par des producteurs d'engrais organiques et d'amendements; • Compostés ou envoyés en méthanisation à la suite d'une stérilisation sous pression (qui peut être optionnelle pour certains SPA tels que le lisier, le lait et les produits à base de lait, le colostrum, les œufs et produits à base d'œufs) ; • Épandus sans prétraitement pour les produits mentionnés dans le point précédent; • Utilisés comme coproduits;
3	Ces SPA présentent un risque faible. Ils incluent les carcasses et morceaux d'animaux abattus et propres à la consommation humaine ou qui sont rejetés comme non consommables mais qui ne présentent pas de signes de maladie. Le règlement propose une liste précise des parties d'animaux et produits dérivés d'animaux appartenant à cette catégorie (qui inclut les déchets de table et de cuisine, les coquilles, le sang, les plumes... d'animaux ne présentant pas de signes de maladie).	<ul style="list-style-type: none"> • Incinération et co-incinération; • Prétraitement puis enfouissement; • Utilisés pour la production de nourriture animale; • Compostés ou méthanisés suite à un prétraitement; • Utilisés comme coproduits; • Épandus sans prétraitement pour le lait, le colostrum et leurs produits dérivés.

Si un produit appartenant à une catégorie est mélangé avec d'autres appartenant à des catégories supérieures, ils sont considérés comme appartenant à la catégorie la plus haute du mélange (par ex. si des SPA de catégorie 3 sont mélangés avec des SPA de catégorie A, ils sont considérés comme des SPA de catégorie 1).

Les opérateurs stockant et traitant des SPA ont besoin d'autorisations spécifiques et doivent se conformer aux obligations s'y rapportant. Les obligations pour la transformation des SPA en biogaz sont détaillées dans l'Annexe V du Règlement 142/2011:

- L'usine de biogaz doit être équipée d'une unité de hygiénisation dans laquelle les SPA doivent être préalablement traités, avec une taille de particule inférieure à 12mm, une température minimum de 70 °C et un temps de traitement d'au moins 60 minutes. Un suivi en continu de la température doit être effectué et un système assurant un apport en chaleur supplémentaire en cas de chauffage insuffisant doit être installé. Ces recommandations ne s'appliquent pas dans certains cas (SPA de C2 et C3 qui ont été prétraités dans une autre usine et SPA spécifiques si autorisées par les autorités nationales) ;
- Si l'usine est localisée à proximité d'installations où des animaux d'élevage sont gardés et traite d'autres substrats que du lisier, du lait ou du colostrum venant de ces animaux, elle doit être située à une distance suffisante pour éviter tout risque de transmission de maladie ;
- L'usine doit être équipé de son propre laboratoire ou utiliser les services d'un laboratoire externe.

D'autres exigences réglementaires s'appliquent: les SPA doivent être transformées dès que possible, les containers et véhicules les transportant doivent être nettoyés et désinfectés, des mesures contre les nuisibles doivent être prises et les procédures de nettoyage et de contrôle doivent être documentées.

D'autres paramètres que ceux mentionnés ci-dessus peuvent être utilisés si le demandeur peut prouver que ces propres paramètres garantissent une réduction suffisante du risque biologique et pour certains types de SPA uniquement : déchets de cuisine, lisiers, contenu de l'appareil digestif, produits à base de lait, colostrum, œufs.

Le digestat produit peut être mis sur le marché si les obligations sont remplies et si les normes sur les contenus microbiologiques sont respectées.

1.3.4 Directive IPPC

La Directive 2010/75/EU sur les émissions industrielles (sur la pollution des procédés de production industrielle) régule les émissions de polluants d'installations industrielles. Son objectif général est de limiter ces émissions en fixant des cibles, des systèmes de contrôle et en promouvant l'application des Meilleures Techniques Disponibles (MTD). Son application se fait par l'utilisation de permis d'exploiter délivrés par les autorités des États Membres et en fixant des objectifs quantitatifs fondés sur les MTD.

La Directive IPPC s'applique à différentes activités relevant de l'IAA, comme décrit dans son Annexe I, dans la catégorie 6 : « autres activités » :

- (a) Exploitation d'abattoirs, avec une capacité de production supérieure à 50 tonnes de carcasses par jour.
- (b) Traitement et transformation, à l'exclusion du seul conditionnement des matières premières ci-après, qu'elles aient été ou non préalablement transformées, en vue de la fabrication de produits alimentaires ou d'aliments pour animaux issus:
 - i) uniquement de matières premières animales (autre que le lait exclusivement), avec une capacité de production supérieure à 75 tonnes de produits finis par jour;
 - ii) uniquement de matières premières végétales, avec une capacité de production supérieure à 300 tonnes de produits finis par jour ou 600 t/jour lorsque l'installation fonctionne pendant une durée maximale de 90 jours consécutifs en un an;
 - iii) matières premières animales et végétales, aussi bien en produits combinés qu'en produits séparés, avec une capacité de production, exprimée en tonnes de produits finis par jour, supérieure à:
 - 75 si A est égal ou supérieur à 10, ou
 - $[300 - (22,5 \times A)]$ dans tous les autres cas,

Où «A» est la proportion de matière animale (en pourcentage de poids) dans la quantité entrant dans le calcul de la capacité de production de produits finis.

Deux documents de références sont disponibles sur:

- Les abattoirs et les industries des SPA, couvrant la catégorie (a);
- Les industries de l'alimentaire, de la boisson et du lait qui couvrent les catégories (b) et (c)

Ces documents présentent, entre autre, des éléments sur les sortants solides des différents sous-secteurs de l'IAA, par exemple des ratios de production de déchets et des possibilités d'utilisation en coproduits. Ils présentent également différentes bonnes pratiques pour réduire l'impact environnemental des procédés.

1.4 Cadre local

1.4.1 Île-de-France

1.4.1.1 Cadre réglementaire de l'IAA et des producteurs de déchets alimentaires en France et en Ile-de-France

Les producteurs de déchets sont responsables du traitement des déchets qu'ils produisent. Ils peuvent les gérer eux-mêmes ou sous-traiter leur gestion à une autre entreprise. Dans ce cas, ils sont toujours considérés comme légalement responsables de leurs déchets et doivent s'assurer que toutes les obligations sont respectées.

La loi "Grenelle II" vote le 12/07/2010 impose la collecte sélective des biodéchets pour les "gros producteurs". L'obligation porte sur les biodéchets et les huiles de cuisine et s'est imposées à un nombre croissant de producteurs en fonction de leur production annuelle de biodéchets. Différents seuils ont été fixés, comme présentés dans le tableau suivant.

Tableau 3: Seuil et date d'application pour l'obligation de la collecte sélective

Date	Biodéchets	Huiles alimentaires
01/01/2012	> 120 t/an	> 1,500 l/an
01/01/2013	> 80 t/an	> 600 l/an
01/01/2014	> 40 t/an	> 300 l/an
01/01/2015	> 20 t/an	> 150 l/an
01/01/2016	> 10 t/an	> 60 l/an

Plusieurs décrets, circulaires ministérielles et lois définissent les règles de la gestion des biodéchets. La Circulaire Ministérielle du 10/01/2012 détaille la mise en place de la gestion des biodéchets. Elle précise que les aliments emballés sont inclus dans les seuils de production, mais pas les SPA de C1 et C2, ni les biodéchets consistant en de la viande et du poisson crus, les biodéchets liquides hors huiles alimentaires ou encore les déchets ligneux. Les boues, déchets d'abattoirs et déchets agricoles sont également exclus du champ de la réglementation.

Différents modes de gestion sont autorisés : le compostage ou la méthanisation décentralisée, avec une préférence pour le compostage sur site dès que possible. En l'absence de données de pesées des biodéchets produits, les gros producteurs peuvent recourir aux données fournies par l'ADEME pour évaluer leur production annuelle. La circulaire invite également les régions à aborder la question des biodéchets dans leurs plans régionaux sur les déchets.

Le décret du 08/12/2011 fixe des règles sanitaires pour les SPA et explique comment les agréments sanitaires pour le traitement des SPA sont délivrés. Il détaille notamment les différents éléments à fournir pour l'obtenir.

L'obligation de collecte sélective des biodéchets impose aux producteurs d'identifier et d'estimer les quantités produites et de mettre en œuvre différentes actions pour limiter leur production, pour les traiter sur site ou pour les envoyer vers une filière de traitement organique. La présence de SPA dans les biodéchets les oblige à devoir identifier des opérateurs possédant les agréments requis.

Pour les IAA, il est fort probable qu'une grande partie des biodéchets soient d'ors et déjà envoyées vers des filières adaptées, comme identifié dans le rapport 3.1.

Avant la mise en place d'une valorisation organique, 2 types d'action peuvent permettre de réduire les quantités produites:

- **La redistribution des aliments à des banques alimentaires ou à des associations de don alimentaire** : différents textes réglementaires définissent un cadre pour ceci, principalement le règlement CE 178/2002 et le décret national 2009-1121. Une liste de produits ne pouvant faire l'objet de don est présentée et les organismes de don ne sont généralement pas en mesure de récupérer des produits très spécifiques (aliments surgelés...). Différents guides sont disponibles pour expliciter le cadre réglementaire (DILA, 2011)
- **L'utilisation en alimentation animale** : elle est encadrée par le règlement CE 183/2005 et 1069/2009. Les principales restrictions portent sur les SPA. En fonction des différentes catégories auxquelles elles appartiennent, le type d'animaux qui peuvent consommer les aliments varie (animaux de compagnie, animaux élevés pour leur fourrure...). L'utilisation en alimentation animale nécessite des agréments sanitaires spécifiques.

1.4.1.2 Cadre réglementaire de la méthanisation en France et en Ile-de-France

Les usines de méthanisation sont classées comme des ICPE sous le code 2781-2. Elles sont régies par le **Décret Ministériel du 22/04/2008** qui fixe quelques obligations pour le type de déchets qui peuvent y être traités, la localisation de l'usine et le contrôle des émissions polluantes. Comme expliqué plus haut, elles nécessitent un agrément sanitaire ainsi qu'une unité de prétraitement pour traiter des SPA. Si le digestat est composté, il doit respecter la norme NFU 44-051 en accord avec le Décret Ministériel du 21/08/2007.

La méthanisation est abordée par différents plans et initiatives au niveau national et régional :

- **Le Plan National de Soutien aux Énergies Renouvelables (2009-2020)** qui vise à promouvoir la méthanisation des biodéchets et des coproduits de l'agriculture, des ménages et de l'industrie. Il fixe différents objectifs :
 - Production de 4.3 TWh d'électricité à partir de biogaz (contre 1.3 en 2011)
 - Production de 6.6 TWh de chaleur (contre 1.1 en 2013)
- **Appel à projets de méthanisation** : en septembre 2014, le Ministère de l'Environnement a lancé un appel à projet pour la création de 1 500 nouvelles unités de méthanisation pendant les 3 prochaines années. Cet appel est ouvert à tout producteur et les projets approuvés recevront une aide financière pour une étude de faisabilité, un diagnostic territorial et pour les investissements.

Il existe des prix de rachat pour le biométhane et pour l'électricité produite à partir de biogaz.

Les tarifs pour l'injection du biométhane sont fixes par le Décret du 23/11/2011. Pour l'injection du biométhane dans le réseau par une unité de méthanisation, le tarif est calculé en fonction d'une base fixe définie par la taille de l'unité et une part variable basé sur la nature des substrats traités. Le tarif de base est calculé selon la formule présentée dans le tableau suivant :

Tableau 4: Calcul du tarif de base pour l'injection de biométhane en France (c€: centimes d'euros; PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur)

Capacité de production maximale du biométhane	Tarif de base (c€/ kWh PCS)
inférieure ou égale à 50 m ³ /h	9,5
Comprise entre 50 et 100 m ³ /h	Interpolation linéaire entre 9,5 et 8,65
Comprise entre 100 et 150 m ³ /h	Interpolation linéaire entre 8,65 et 7,8
Comprise entre 150 et 200 m ³ /h	Interpolation linéaire entre 7,8 et 7,3
Comprise entre 200 et 250 m ³ /h	Interpolation linéaire entre 7,3 et 6,8
Comprise entre 250 et 300 m ³ /h	Interpolation linéaire entre 6,8 et 6,6
Comprise entre 300 et 350 m ³ /h	Interpolation linéaire entre 6,6 et 6,4
Supérieure ou égale à 350 m ³ /h	6,4

La prime aux intrants (PI) dépend de la nature des déchets traités est calculée selon la formule suivante :

$$PI = 0.5 \times p_1 + PI_2 \times p_2$$

Où :

- p_1 est la proportion (en tonnage) de déchets des collectivités (hors boues de station d'épuration), déchets des ménages et assimilés ou déchets de la restauration hors foyer dans l'approvisionnement total en intrants de l'installation, calculée sur une base annuelle;
- p_2 est la proportion (en tonnage) des produits issus de cultures intercalaires à vocation énergétique et des déchets ou résidus provenant de l'agriculture, de la sylviculture, de l'industrie agroalimentaire ou des autres agro-industries dans l'approvisionnement total en intrants de l'installation, calculée sur une base annuelle ;
- PI_2 est définie dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5: calcul de PI_2 pour la prime d'intrants - injection du biométhane
(c€: centimes d'euros; PCS: Pouvoir Calorifique Supérieur)

Capacité de production maximale du biométhane	PI_2 (en c€/ kWh PCS)
Inférieure ou égale à 50 m ³ /h	3
Comprise entre 50 et 350 m ³ /h	Interpolation linéaire entre 3 et 2
Supérieure ou égale à 350 m ³ /h	2

Pour simplifier l'injection du biogaz dans le réseau, l'ADEME et GrDF ont co-élaboré un site internet qui rassemble des guides et des ressources intéressantes: www.injectionbiomethane.fr

Le tarif de rachat de l'électricité produite à partir de biogaz est défini par le Décret 19/05/2011 modifié par le Décret du 30/12/2013. Pour les unités de méthanisation le prix est calculé en fonction de la puissance électrique maximale (P_{max}) auquel une prime aux intrants s'ajoute, en fonction de la nature de substrats traités et de l'efficacité énergétique de l'unité. Les montants de ces différentes primes sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 6: tarif de base pour l'électricité produite par un méthaniseur (c€: Euro cents)

P_{max}	Tarif de base [c€/kWh]
$P_{max} \leq 150$ kW	13,37
$P_{max} = 300$ kW	12,67
$P_{max} = 500$ kW	12,18
$P_{max} = 1\ 000$ kW	11,68
$P_{max} \geq 2\ 000$ kW	11,19

La prime à l'efficacité énergétique est calculée selon le tableau suivant:

Tableau 7: calcul de la prime à l'efficacité énergétique (c€: Euro cents)

Valeur de l'efficacité énergétique $V = (\text{Énergie thermique}) - (\text{Énergie électrique})/0.97 \times$ (Énergie primaire du biogaz)	Prime à l'efficacité énergétique [c€/kWh]
$V \leq 35$ %	0
$35 < V < 70$ %	Interpolation linéaire entre 4 et 0
$V \geq 70$ %	4

La prime aux intrants (P_r) est calculée en définissant un bonus maximum selon la puissance électrique comme présentée ci-dessous :

Tableau 8: Calcul de $P_{r_{max}}$ pour la prime d'intrants – électricité produit à partir de biogaz (c€: Euro cents)

P_{max}	$P_{r_{max}}$ [c€/ kWh]
$P_{max} \leq 300$ kW	2.6
$P_{max} = 500$ kW	2.1
$P_{max} \geq 1\,000$ kW	0

La valeur de P_r est ensuite calculée comme une interpolation linéaire en fonction de la proportion d'effluents traités dans l'usine. En dessous de 20% la valeur de P_r est de 0, et au-dessus de 60% P_r est égal à $P_{r_{max}}$ comme présenté dans le tableau précédent.

Un plan régional pour le développement de la méthanisation dans l'Île-de-France a été voté le 13/02/2014, afin d'aider les porteurs de projets à lancer leurs unités. En effet, les montages financiers et la conception des usines ont été identifiés comme des difficultés majeures rencontrées par ces porteurs de projets. De nombreux acteurs différents peuvent candidater pour bénéficier de ces aides, notamment les PME et les coopératives agricoles. Environ 6 millions d'euros ont été prévus, pour 2 principaux types d'accompagnement :

- Aide aux financements des études de faisabilité et des consultations publiques ;
- Participation à l'investissement pour la mise en place des projets.

Une charte ainsi qu'un guide de bonnes pratiques ont été publiés pour aider les porteurs de projets. Les candidatures ont été acceptées jusqu'à mi-janvier 2016, les résultats étant présentés entre avril et septembre 2016. Plus d'informations peuvent être trouvées ici :

<http://www.iledefrance.fr/aides-regionales-appels-projets/appel-projets-developpement-unites-methanisation-ile-france>

1.4.1.3 Pratiques existantes en Île-de-France

En 2016, l'Île-de-France rassemble 7 unités de méthanisation parmi lesquelles 5 peuvent traiter des biodéchets et des sous-produits animaux, ou projettent de le faire. Aujourd'hui, seulement une d'entre elles possède l'agrément sanitaire pour traiter des SPA, et 2 sont équipées d'une unité d'hygiénisation. Seulement une unité de compostage sur les 14 recevant des biodéchets peut traiter des SPA.

En 2016, seulement 2 méthaniseurs acceptant des déchets de l'IAA:

- L'une traite du lactosérum en co-digestion avec du lisier et d'autres types de déchets alimentaires ;
- L'autre traite des produits non conformes de l'IAA avec des déchets alimentaires de la restauration. Cette usine est équipée d'une unité de déconditionnement qui permet de traiter des déchets emballés.

L'ORDIF a publié une note détaillée sur les installations de traitement des biodéchets et des SPA en Île-de-France:

<http://www.ordif.com/public/document.srv?id=19030&nolog=1&nolog=1>

2 Caractéristiques des déchets de l'industrie agroalimentaire

2.1 Considérations générales

Les sections suivantes se concentrent sur les principales catégories d'industrie agroalimentaire afin d'analyser les flux appropriés pour la méthanisation, les techniques actuellement disponibles, ainsi que certaines données sur leur pouvoir méthanogène.

Il existe plusieurs catégories d'IAA, chacune produisant une quantité variable de déchets et de sous-produits. Tableau 1 Tableau 9 liste certains exemples du pourcentage de matière première se retrouvant dans le produit final principal, ce qui donne une indication de l'efficacité et des pertes se produisant lors d'un procédé de production (CE, 2006).

Tableau 9: Pourcentage de matières premières se retrouvant dans le produit final pour certains procédés (CE, 2006)

Procédé de production	% de matières premières dans produit final
Mise en conserve de poisson	35 – 70
Filetage, salaison, salage et fumage de poisson	25 – 50
Transformation de crustacés	40 – 50
Transformation de mollusques	50 – 80
Production de lait, beurre, et crème	~99
Production de yoghourt	94-98
Production de fromage frais, à pâte molle, et cuit	10-15
Production de vin rouge & blanc	70 – 80
Production de jus de fruits & légumes	50 – 70
Transformation & conservation de fruits & légumes	70 – 95
Production d'huiles et graisses végétales	30 – 60
Production d'amidon de maïs (y compris aliments pour animaux)	62.5
Production d'amidon de maïs (y compris aliments pour animaux)	99
Production d'amidon de pomme de terre	20
Production d'amidon de pomme de terre (y compris aliments pour animaux)	30 – 35
Production d'amidon de blé	50
Production d'amidon de blé (y compris aliments pour animaux)	99
Production d'aliments pour animaux à partir de betterave sucrière	25 – 50

Contrairement aux déchets des ménages, ceux de l'IAA ont tendance à être plus homogènes, avec de grandes quantités de composants similaires. D'une part, ceci peut présenter un défi pour la méthanisation, puisque ces larges quantités devront éventuellement être distribuées entre plusieurs installations afin de maintenir une composition stable des intrants du digesteur, un facteur clé pour garder l'équilibre microbologique. Par ailleurs, un mélange de substrats peut être plus bénéfique qu'un substrat unique – pour les déchets de poisson, par exemple, la co-digestion avec d'autres substrats augmentera le rendement de biogaz. D'autre part, les déchets de l'IAA peuvent être utilisés pour amplifier la production de méthane grâce à leur fort pouvoir méthanogène. Ces déchets permettent également un meilleur contrôle des intrants du digesteur, ce qui permet aux opérateurs des installations de méthanisation de savoir exactement ce qui rentre et de mélanger les substrats afin d'obtenir la combinaison la plus efficace possible. En effet, la composition d'un substrat influencera sa biodégradabilité ainsi que ses rendements en biogaz et en méthane.

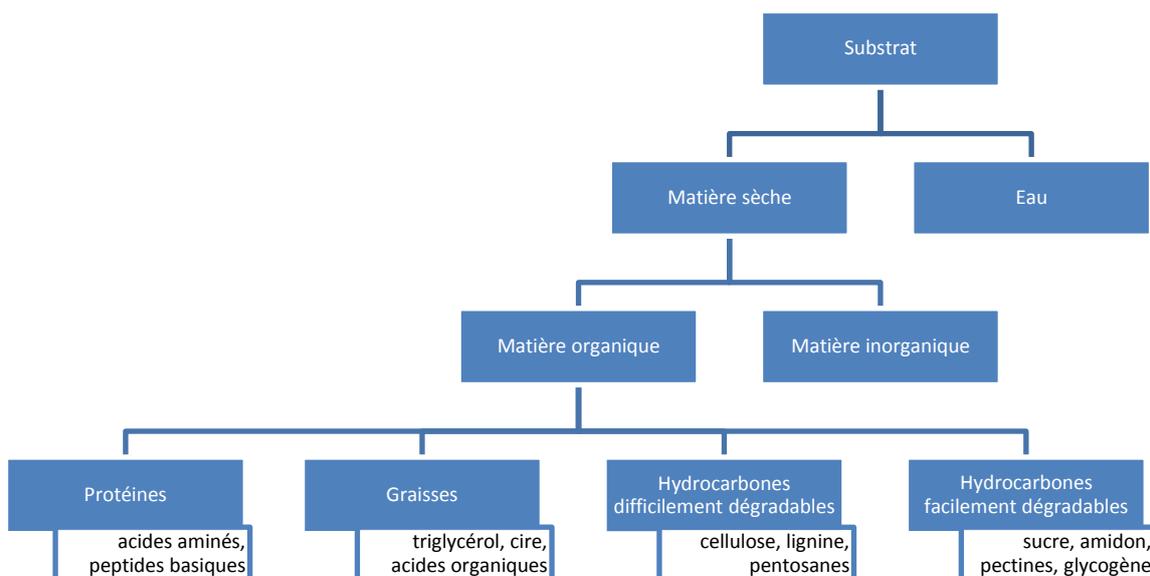


Figure 1: Composition de substrats (atres, 2015)

Il faut toutefois noter que les données présentées dans les pages suivantes ne sont que des évaluations et de valeurs moyennes. Des déchets provenant d'un même procédé peuvent présenter des paramètres très différents selon l'unité de traitement, la nature des intrants, la saison, et la manipulation des déchets. Ainsi, il peut être judicieux d'effectuer des analyses fréquentes des matières entrant en méthanisation afin d'évaluer ces paramètres et de s'assurer qu'ils répondent aux exigences.

2.2 Industrie de la viande

2.2.1 Principaux déchets produits

Lorsque le Règlement européen sur les sous-produits animaux (SPA) a été publié en 2004, la Commission européenne estimait que 68% d'une poule, 62% d'un cochon, 52% d'un bovin, et 52% d'un ovin ou caprin sont directement consommés par l'homme. Dans le même communiqué de presse, la Commission estimait que plus de 10 millions de tonnes de viande dérivée d'animaux en bonne santé et non destinée pour l'alimentation humaine directe étaient produites chaque année dans l'Union européenne (CE, 2004).

Les activités de transport et de stabulation d'animaux avant l'abattage produisent du fumier et de la litière. L'industrie de transformation de la viande abat ensuite les animaux, produisant mes produits primaires de carcasse, les coupes traitées, et des sous-produits divers. La majorité des déchets de l'industrie de la viande est produite pendant l'abattage. Ces déchets peuvent inclure carcasses, peaux, sabots, têtes, plumes, fumier d'abats, viscères, os, graisse, parures de viande, sang et autres fluides, ou encore des animaux et de la viande hors spécifications (Jayathilakan, et al., 2012; Sherman, 2007). L'utilisation efficace des sous-produits est importante pour la rentabilité de l'industrie de la viande, ce qui a un impact positif sur la prévention des déchets. Les préoccupations sanitaires accrues au fil des ans ont conduit à une réglementation stricte et une plus grande attention sur les utilisations non alimentaires des sous-produits. Les parties non destinées à la consommation humaine peuvent être traitées par équarrissage. Les processus d'équarrissage sont utilisés pour convertir les sous-produits en produits commercialisables, y compris les graisses et les protéines, comestibles ou non, pour une utilisation en alimentation animale, cosmétique, pharmaceutique, ou toute autre utilisation technique.

Ces processus génèrent de grandes quantités de déchets solides et de sous-produits, pouvant être divisés dans les catégories suivantes (World Bank Group, 2007) :

1. Fumier, contenus du rumen et de l'intestin
2. Produits comestibles, tels que le foie et le sang
3. Produits non-comestibles, tels que les poils, plumes, et os
4. Graisses, récupérées des effluents
5. Déchets non-valorisables nécessitant une élimination finale

La plupart des sous-produits ont un débouché commercial et les compagnies communiquent très peu de données, ce qui rend difficile l'appréciation des volumes réels. La quantité de *sous-produits* animaux excède souvent les 50% du poids vif dans le cas de bovins, et 10 à 20% pour les porcs (World Bank Group, 2007). D'après les données 2001 de l'USDA, la production moyenne de *déchets solides* d'abattoirs bovins est de 83 kg/tête, ou 275 kg/tonne du poids vif à l'abattage, ce qui équivaut à 27.5% du poids de l'animal. Pour les abattoirs ovins et caprins, la production moyenne de déchets est de 2.5 kg/tête, équivalent à 17% du poids de l'animal, et pour les porcs ce sont 2.3 kg/tête, soit 4% du poids de l'animal, qui sont produits (Jayathilakan, et al., 2012). Le poids vif est le poids des animaux relevé directement avant l'abattage, avec l'hypothèse que les animaux destinés à l'abattage sont gardés sur les lieux de l'abattoir pour 12 heures pendant lesquelles ils ne sont ni nourris ni abreuvés (FAO, 2016).

Les SPA de catégorie 1 (C1) de l'industrie de la viande comprennent :

- a) toutes les parties du corps, y compris les peaux, des animaux suspectés ou atteints d'infection par une encéphalopathie spongiforme transmissible (EST), ou pour lesquels la présence d'une EST a été officiellement confirmée ;
- b) les matériels à risque spécifiés en tant que tissus susceptibles de véhiculer un agent infectieux (tissus et organes de bovins, ovins et caprins : le cerveau, le crâne, la moelle épinière, les vaisseaux sanguins, les nerfs, les ganglions lymphatiques, les glandes, les yeux, les intestins, la rate ...) y compris les cadavres entiers ou les parties

- d'animaux morts contenant des matériels à risque spécifiés au moment de l'élimination ;
- c) les sous-produits animaux contenant des résidus d'autres substances et de contaminants environnementaux, dès lors que ces résidus dépassent le niveau autorisé par la législation communautaire ou, à défaut, par la législation nationale ;
 - d) les sous-produits animaux collectés lors du traitement des eaux résiduaires auprès des établissements et des usines qui transforment des matières de catégorie 1, ou auprès d'autres établissements ou usines dans lesquels des matériels à risque spécifiés sont retirés ;
 - e) les mélanges de matières de catégorie 1 avec des matières des catégories 2 et/ou 3.

Les matières de catégorie 2 (C2) pour l'industrie de la viande comprennent les sous-produits animaux suivants :

- a) le lisier et le contenu de l'appareil digestif ;
- b) les sous-produits animaux collectés lors du traitement des eaux résiduaires auprès d'abattoirs, sauf ceux pour ruminants, ou des établissements et des usines qui transforment des matières de catégorie 2 ;
- c) les sous-produits animaux contenant des résidus de substances autorisées ou de contaminants dépassant les niveaux autorisés ;
- d) les produits d'origine animale qui ont été déclarés impropres à la consommation humaine en raison de la présence de corps étrangers dans ces produits
- e) les produits d'origine animale autres que les matières de catégorie 1 qui sont importés ou introduits à partir d'un pays tiers et ne sont pas conformes à la législation vétérinaire communautaire applicable à leur importation ou à leur introduction dans la Communauté, sauf si la législation communautaire autorise leur importation ou leur introduction sous réserve de restrictions spécifiques ou bien leur renvoi vers le pays tiers ;
- f) les mélanges de matières de catégorie 2 et de catégorie 3.

Les matières de catégorie 3 (C3) pour l'industrie de la viande comprennent les sous-produits animaux suivants :

- a) les carcasses et parties d'animaux abattus qui sont propres à la consommation humaine en vertu de la législation communautaire, mais qui, pour des raisons commerciales, ne sont pas destinés à une telle consommation
- b) les carcasses et les parties suivantes provenant d'animaux qui ont été abattus dans un abattoir et ont été considérés comme propres à l'abattage pour la consommation humaine à la suite d'une inspection ante mortem, ou les corps et les parties suivantes de gibier mis à mort en vue de la consommation humaine conformément à la législation communautaire: les carcasses ou les corps et parties d'animaux écartés comme étant impropres à la consommation humaine conformément la législation communautaire, mais qui sont exempts de tout signe de maladie transmissible aux êtres humains ou aux animaux, les têtes des volailles, les cuirs et les peaux (dans le cas de ruminants, qui ont fait l'objet d'un test de dépistage négatif des EST), les soies de porcs, et les plumes ;
- c) le sang des animaux qui n'ont présenté aucun signe de maladie transmissible aux êtres humains ou aux animaux par ce sang, obtenu à partir des animaux suivants qui ont été abattus dans un abattoir ;
- d) les sous-produits animaux issus de la fabrication de produits destinés à la consommation humaine, y compris les os dégraissés, et les cretons ;

- e) les sous-produits d'écloserie, les œufs et leurs sous-produits, y compris les coquilles provenant d'animaux n'ayant présenté aucun signe de maladie transmissible par ces matières aux êtres humains ou aux animaux ;
- f) les cuirs et les peaux, les sabots, les plumes, la laine, les cornes, les poils et les fourrures issus d'animaux morts n'ayant présenté aucun signe de maladie transmissible par ce produit aux êtres humains ou aux animaux.

2.2.2 Méthodes de traitement existantes et pratiques courantes

Les SPA de catégorie 1 doivent être éliminés, en raison de leur classification en tant que matériaux à risque élevé. La plupart des matériaux C2 subissent le même sort. Ils sont principalement incinérés après un prétraitement initial. Certains matériaux C2 sont valorisés par méthanisation, compostage, ou en oléochimie.

Les matériaux C3, par contre, peuvent être utilisés en alimentation humaine ou animale, en plus d'une variété d'impulsions non alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques par exemple. Les SPA de l'industrie de la viande peuvent être utilisés dans une large gamme de produits, que ce soit pour produire de la gélatine, des revêtements, des liants ou des protéines.

Tableau 10: Flux de déchets et utilisation principaux ou méthodes de traitement pour l'industrie de la viande

Type de SPA/déchets	Utilisation/traitement principal	Commentaires
Matériels à risque spécifiés	Incinération, élimination	Traitement déterminé par une réglementation stricte
SPA C3	Farines de viande et d'os Nourriture d'animaux de compagnie	Pourrait être utilisé en alimentation humaine mais peu à pas de marché pour Les coûts sont un facteur important
Graisses	Alimentation humaine, oléochimie	Valeur élevée
Sang	Alimentation humaine Farine de sang	Faible taux de valorisation Coûts de séchage
Os et plumes de volaille	Farines de viande et d'os	Taux de valorisation élevé
Os (sauf moelle), peau & tissu conjonctif	Gélatine	
Le fumier et le lisier	Épandage, méthanisation	Convient à la méthanisation

Le suif et la graisse ont une valeur marchande élevée. Après le traitement et la transformation par des structures spécialisée, ils sont utilisés en oléochimie (savons, détergents et lubrifiants), en alimentation humaine et animale, ainsi que pour la nourriture d'animaux de compagnie. Le suif, une forme équarrie de graisse de bœuf ou de mouton, peut être fabriqué à partir de matière grasses provenant d'avant ou d'après la fente de la carcasse. Dans ce dernier cas, il ne peut pas être utilisé en alimentation humaine ou animale.

Parmi les déchets et sous-produits d'abattoirs, le sang animal est la plus grande source de matériel potentiellement comestible. Chaque année au Royaume-Uni, près de 100 000 tonnes de sang sont disponibles, ce qui représente environ 20 000 tonnes de protéines (Arvanitoyannis, 2008). Malgré ses nombreux attributs fonctionnels et nutritionnels utiles, son utilisation pour la consommation humaine et animale est limitée, en partie en raison de préoccupations esthétiques, car sa couleur brune impacte la teinte finale du produit. Le sang du porc est principalement utilisé dans l'alimentation humaine, et le reste dans la nourriture d'animaux de compagnie. Le sang de volaille et de bovins, par contre, sont utilisés pour produire de la farine de sang. Le sang C2, quant à lui, est envoyé en élimination.

Les farines animales, ou farines de viande et d'os, étaient couramment utilisées en alimentation animale comme source de protéines, afin de fournir des acides aminés, des minéraux et de la vitamine B12 essentiels à la nutrition monogastrique, et du rumen pour la nutrition de ruminants (Arvanitoyannis, 2008). Les déchets animaux sans dangers (tels que la viande, les os, et les plumes) sont mélangés, broyés, et cuits ensemble. Le suif est extrait après la cuisson et le résidu restant, connu sous le nom de farines de viande et d'os, est stérilisé. Suite à la crise de l'encéphalopathie spongiforme bovine (également appelée « maladie de la vache folle ») et la réglementation accrue qui a suivi, les protéines animales ne peuvent désormais plus être utilisées pour nourrir les bovins. Cependant, elles peuvent tout de même être incorporées à l'alimentation porcine, de volaille, de poisson, ou d'autres animaux non-ruminants.

Les matières C3 utilisées pour produire de la nourriture pour animaux de compagnie comprennent des parties de la carcasse qui pourraient être utilisées en alimentation humaine mais pour lesquelles le marché a largement disparu dans nos contrées.

2.2.3 Potentiel pour la méthanisation

Selon leur catégorie, les sous-produits animaux peuvent être envoyés en méthanisation ou non:

- Les C1 ne peuvent pas être méthanisés, comme l'impose le droit communautaire ;
- Les C2 de certaines sous-catégories (fumier, tube digestif et son contenu, lait, produits à base de lait, colostrum, œufs et produits à base d'œufs) peuvent être méthanisés. Pour les autres matières C2, une étape de stérilisation sous pression est requise au préalable ;
- Les C3 peuvent être méthanisés sans traitement préalable.

Les quantités élevées de graisses et de protéines dans les déchets d'abattoirs et de la transformation de viandes leur confèrent un potentiel élevé pour la production de biogaz, ce qui les rend tout à fait adaptés à la méthanisation. Les intestins et la graisse ont un bon rendement en méthane, meilleur que celui du contenu de l'estomac et du rumen, et ceux de bovins ont un meilleur rendement que ceux de porcs (AgTech Centre, 2013).

Cependant, certains déchets, tels que les cretons et les couennes, peuvent nécessiter un traitement préalable pour accélérer l'étape d'hydrolyse, qui autrement limite la conversion de matières particulaires en méthane (Cavaleiro, et al., 2013).

Les déjections animales, de l'agriculture, mais également du transport et de la stabulation avant l'abattage, sont une source importante de biomasse pour les installations de méthanisation. Le fumier a un bon rendement de biogaz, bien que variable selon les espèces animales, la teneur en matière sèche, et la fraîcheur. De plus, il stabilise le processus microbiologique. Le lisier a un plus faible potentiel de production de méthane. Cependant, il contribue d'importants oligo-éléments utiles pour la méthanogénèse, et a un effet diluant et tampon sur le digesteur. Malheureusement, à la fois le fumier et le lisier ont une faible densité énergétique en raison de leur forte teneur en eau et de leur faible proportion de matière organique sèche (Biogas3, 2014).

Le projet FABbiogas a créé des fiches informatives sur des bonnes pratiques de méthanisation de déchets de l'IAA. Parmi celles-ci se trouve le cas d'une installation de méthanisation à St. Martin, en Haute-Autriche, qui traite des déchets d'abattoirs de la compagnie Großfurtner. Cette installation est la première à utiliser exclusivement des déchets d'abattoirs comme substrat : 10 000 tonnes de sang, de rumen, de contenu de colons et de matériels de séparation des graisses, produisant 3,6 millions de kWh/an d'électricité et de chaleur. La fiche d'information peut être consultée ici :

http://www.fabbiogas.eu/fileadmin/user_upload/14-D3.2_factsheet_St.Martin_AT.pdf

2.3 Industrie du poisson et des fruits de mer

2.3.1 Principaux déchets produits

Au cours des dernières décennies, la production de poisson et de fruits de mer a constamment augmenté à travers le monde. En 2012, la production halieutique mondiale (production de poissons, crustacés, mollusques et autres animaux aquatiques) a atteint 158 millions de tonnes, parmi lesquelles 58% étaient capturés, les 42% restants provenant de l'aquaculture, d'après les statistiques de la FAO (2014). 86% de la production halieutique totale (136 millions de tonnes) a été utilisée pour l'alimentation humaine directe, les 14% restants (22 millions de tonnes) étant destinés pour des produits non-alimentaires, principalement pour la production de farine et d'huile de poisson.

Le poisson est une denrée très périssable, ce qui pose une exigence importante sur sa transformation. En effet, 46% de la production halieutique mondiale destinée à la consommation humaine a été commercialisée fraîche, tandis que les 54% restants ont subi une forme de transformation : 29% ont été congelés, 12% ont été salaisonnés, et 13% ont été mis en conserve. Dans les pays développés, seule 5% de la production halieutique est commercialisée fraîche, tandis que 55% sont congelés, 13% sont salaisonnés, et 27% sont mis en conserve (FAO, 2014).

Les SPA de catégorie 2 de poissons et de fruits de mer sont similaires à ceux mentionnés pour l'industrie de la viande: les mortalités d'aquaculture, le tube digestif et les excréments, les parties d'animaux abattus pour l'alimentation humaine en cas de maladie, et les animaux avec des résidus de médicaments ou de contaminants.

Les matériaux de catégorie 3 spécifiques aux poissons et aux fruits de mer comprennent :

- a) les animaux aquatiques et les parties de ces animaux, à l'exception des mammifères marins, n'ayant présenté aucun signe de maladie transmissible aux êtres humains ou aux animaux ;
- b) les sous-produits d'animaux aquatiques qui proviennent d'établissements ou d'usines fabriquant des produits destinés à la consommation humaine ;
- c) les carapaces de crustacés ou coquilles de mollusques présentant des corps mous ou de la chair provenant d'animaux n'ayant présenté aucun signe de maladie transmissible par ces matières
- d) les invertébrés aquatiques autres que les espèces pathogènes pour l'être humain ou les animaux

Les déchets de poisson comprennent généralement des parties telles que la tête, le squelette, la queue et les nageoires, la peau et les viscères.

De grandes quantités de déchets solides et liquides sont produits au cours de la transformation du poisson et comme l'illustre le Tableau 9, environ la moitié du poids des matières premières n'est pas utilisée dans le produit final – jusqu'à 80% d'un mollusque peut se retrouver dans le produit final, mais dans le cas de certaines crevettes, seuls 15% deviennent un produit de crevettes en conserve (El-Beltagy, et al., 2005). En effet, Arvanitoyannis & Tserkezou (2014) rapportent que plus de 50% des matières restant de la capture totale mondiale de poisson ne sont pas utilisés comme nourriture, ce qui implique près de 32 millions de tonnes de déchets. Au Royaume-Uni, le Sea Fish Industry Authority a rapporté en 2001 que sur un total de 851 984 tonnes de ressources britanniques en poissons et crustacés, il est estimé que 43% (359 964 tonnes) aboutissent comme produits pour l'alimentation humaine tandis que les 57% restants (492 020 tonnes) sont classés comme déchets (Archer, et al., 2001).

Ces déchets sont principalement produits dans le secteur de la transformation on-shore (35% de la ressource totale) tandis que les rejets et déchets de la transformation en mer produisent des quantités moindres (17% et 5% de la ressource, respectivement).

En effet, l'industrie du poisson et des fruits de mer produit des déchets à différents niveaux, avec une distinction entre l'aquaculture et la pêche traditionnelle. Les types de déchets suivants peuvent survenir en **aquaculture** (Mack, et al., 2004) :

- **Mortalités de routine** : en petites quantités, ces mortalités peuvent être dues à des maladies chroniques, des traumatismes post-manipulation, ou des pannes d'équipement ;
- **Mortalités catastrophiques** : des mortalités en masse peuvent survenir suite à des facteurs extérieurs, tels que la prolifération d'algues ou des « attaques » de méduses, et les déchets résultants sont classifiés C2, nécessitant un traitement par des installations agréées pour des matières C1 ou C2, comme indiqué dans la réglementation sur les SPA ;
- **Déchets fécaux** (des cages) : ceux-ci sont habituellement traités de manière naturelle, cette problématique est souvent relevée par les militants environnementaux ;
- **Abattage de poissons infectés** : étant donné que l'aquaculture en Union Européenne est exempte de plusieurs maladies, telles que l'anémie infectieuse du saumon, la septicémie hémorragique virale, ou la nécrose hématopoïétique infectieuse, le contrôle des maladies est étroitement régulé. En cas d'apparition de maladies exotiques ou de pollution environnementale rendant les animaux impropres à la consommation humaine, le déstockage des exploitations touchées est obligatoire ;
- Transformation de **sous-produits**.

Dès lors qu'un déchet est présumé présenter un risque significatif pour l'environnement, il est habituellement traité par les industries du poisson. En effet, les déchets de piscicultures peuvent avoir un effet très important, non seulement sur leur entourage direct, mais également à une échelle côtière plus large. Dans l'Union européenne, de nombreuses Directives, Règlements et Décisions ont été votées dans l'espoir de réduire l'impact environnemental de l'aquaculture marine.

La **pêche traditionnelle** produira des déchets pendant la transformation en mer ou à terre. Une pêche démersale, ou d'eau profonde, est principalement traitée en pleine mer, avec les déchets (principalement les viscères et les têtes) jetés par-dessus bord. Cependant, la majorité de la transformation est effectuée dans des installations à terre.

Les poissons démersaux sont vendus entiers, éviscérés, étêtés et éviscérés, ou en simple filet afin d'être transformés à terre. Les filets et les queues sont retirés pendant la transformation et vendus pour la consommation humaine, le reste étant bien souvent jeté comme déchet. Les poissons pélagiques sont habituellement fournis entiers. Les déchets jetés comprennent ainsi les têtes, les viscères, les squelettes, les nageoires, les queues et la peau (si des filets sans peau sont produits). La transformation de crustacés produira quant à elle des déchets sous forme de coquilles et de viscères.

2.3.2 Méthodes de traitement existantes et pratiques courantes

La valorisation de sous-produits commercialisables est une stratégie importante de réduction des déchets pour l'industrie. Il existe de nombreuses applications pour les déchets de poisson traités, car ils sont une excellente source de minéraux, de protéines, et de graisses (Jayathilakan, et al., 2012). Les principales applications comprennent la farine, l'huile et l'ensilage de poisson, le biogaz ou biodiesel, la chitine et le chitosan (pour les produits diététiques, des applications d'emballages alimentaires, et le traitement d'effluents), les pigments naturels, le collagène pour les cosmétiques, l'isolation d'enzymes, l'immobilisation

de chrome, les engrais organiques et pour le maintien de l'humidité dans les aliments (hydrolysats) (Arvanitoyannis & Kassaveti, 2008).

Les sous-produits de poissons transformés pour l'alimentation humaine ne sont pas trop problématiques. Les **mortalités de routine** sont habituellement macérées et ensilées sur place avant enlèvement et une élimination ultérieure (principalement par incinération ou mise en décharge) en suivant la réglementation en vigueur pour la gestion des déchets. Les **mortalités catastrophiques** (stocks anéantis par une méduse ou par la prolifération d'algues), quant à elles, nécessitent une élimination par équarrissage, par incinération, ou, exceptionnellement, par mise en décharge. Dans le cas de pollution environnementale ou d'infection, tous les étangs suspects sont vidés d'organismes par abattage, stockage, et transport vers des installations capables de les traiter – habituellement localisées dans d'autres pays, tels la Norvège, nécessitant ainsi l'exportation des déchets (Karadeniz & Kim, 2014).

Les méthodes de traitement comprennent l'hydrolyse, la bioremédiation, le compostage, la méthanisation, la filtration, et le criblage, entre autres (Arvanitoyannis & Tserkezou, 2014).

2.3.3 Potentiel pour la méthanisation

Les déchets de poisson sont un bon substrat potentiel pour la production de biogaz. Kafle et al. (2013), par exemple, ont obtenu à partir d'ensilages de déchets de poissons des rendements en biogaz et en méthane de 671-763 m³/t MSV (matières solides volatiles) et de 441-482 m³/t MSV, respectivement. Il n'y a que très peu de littérature sur la production de méthane à partir de déchets de poissons, mais les études existantes démontrent un fort potentiel pour la méthanisation. Eiroa et al. (2012) ont découvert que la production de méthane des déchets de thon, de sardine et d'aiguillette est similaire, mais qu'elle est plus élevée dans le cas du maquereau, possiblement en raison d'une teneur plus élevée en matières grasses.

Par ailleurs, plusieurs études montrent que la co-digestion de déchets de poissons avec d'autres substrats améliore la production de biogaz comparé à la digestion de ces substrats seuls (Kafle, et al., 2013).

2.4 Industrie des fruits et légumes

2.4.1 Principaux déchets produits

Les principales étapes de transformation de l'industrie des fruits et légumes comprennent (Sherman, 2007) :

- Calibrage et/ou criblage
- Nettoyage des aliments et élimination de saletés
- Enlèvement de feuilles, peaux et graines
- Décoloration
- Lavage et refroidissement
- Emballage
- Nettoyage en fin de processus

Les déchets produits peuvent être des parties des fruits et légumes, telles que des épluchures, tiges, graines, coquilles, etc. ou des produits déclassés. Les produits déclassés comprennent ceux qui ont été endommagés ou qui ont passé leur date limite de consommation optimale, mais il peut aussi s'agir de produits écartés en raison de leur taille ou de leur forme (une carotte tordue, par exemple). Cette industrie produira également une pulpe du processus (pulpe de betterave issue de la production de sucre, par exemple) ou des déchets mélangés de fruits et légumes suite au criblage. Les quantités indicatives de déchets produits par le secteur de la transformation des fruits et légumes par tonne de produit sont données dans le Tableau 11.

Les quantités élevées de boues d'épuration produites (notamment pendant le nettoyage) sont au-delà du champ de ce rapport.

Tableau 11: Production de déchets solides dans le secteur de la transformation des fruits et légumes (World Bank Group, 2007)

Produit	Référence du secteur (kg _{déchets} /t _{produit})
Maïs	40
Petits pois	40
Pommes de terre	40
Brocoli	200
Carottes	200
Fraises	60
Pommes	90
Pêches	180

Le marc de pomme et de raisin issu de la production de cidre et de vin sont prises en considération dans la Section 2.8 Industrie des boissons.

Puisque les déchets provenant de cette industrie ne sont pas des sous-produits animaux, leur gestion présente considérablement moins de contraintes réglementaires. Cependant, leur nature et leurs quantités varient fort au fil des saisons. La production de sucre de betteraves, par exemple, se réalise habituellement entre septembre et décembre/janvier en France, en plus d'un mois de production au printemps (ANEA–IVAMER, 2010). Par conséquent, il y aura un pic de production produisant de grandes quantités de déchets pendant une période limitée. Le reste de l'année est consacré à l'entretien et l'expédition des produits. La production de soupe, quant à elle, culmine en hiver. Les cultures maraîchères, par contre, ont une grande variété de récoltes qui leur permet d'avoir une réserve stable de produits frais tout au long de la saison de production locale. Leurs activités de conditionnement sont dès lors basées sur la saisonnalité du produit, ce qui génère un flux relativement stable de déchets pendant une grosse partie de l'année, mais de nature variable. En Basse-Normandie, ANEA–IVAMER estime que près de la moitié de la transformation des produits maraîchers est concentrée dans les mois de septembre à décembre, un tiers d'avril à août, et le reste, près de 20%, de janvier à mars (2010).

2.4.2 Méthodes de traitement existantes et pratiques courantes

Les déchets issus de la transformation de fruits et légumes peuvent être utilisés en alimentation animale, pour le craquage, ou convertis en compost, paillis, ou amendements de sols (Sherman, 2007). Ils ont de nombreux débouchés – la quantité de déchets mobilisables dépendra donc des intérêts économiques du producteur.

Les fruits et légumes déclassés ou non-conformes sont principalement utilisés en alimentation humaine ou animale. Les épilures sont également couramment utilisées en alimentation animale, ou dans une moindre mesure, pour l'épandage. La pulpe issue de la production de sucre (à partir de betteraves), de soupe, ou de purée a une teneur élevée en eau, ce qui limite son utilisation en alimentation animale puisqu'elle nécessite un séchage au préalable. Elle est couramment compostée. Les déchets de légumes mélangés seront souvent utilisés en épandage ou compostés. Des déchets spécifiques de fruits et légumes monoflux seront régulièrement obtenus, par exemple des déchets de tomates d'une installation de mise en conserve. Ce type de déchet pourra alors être orienté vers le craquage (ANEA–IVAMER, 2010).

2.4.3 Potentiel pour la méthanisation

La moitié des déchets issus de la transformation des fruits et légumes sont utilisés en alimentation animale, ce qui les rend indisponible pour la méthanisation. En Californie, il est estimé que quelques 14-16 millions de tonnes de fruits et légumes sont transformés chaque année. Les opérations de mise en conserve, de congélation, de séchage, et de déshydratation produisent environ 1 tonne de déchets de juillet à septembre. Krich et al. rapportent que 49% de ces déchets sont utilisés en alimentation animale, et 49% en amendement de sols (2005). Si les déchets (humides) utilisés en amendement de sols étaient envoyés en méthanisation, ils pourraient potentiellement produire 10 millions de m³ de méthane par an. En effet, les fruits et légumes ont un bon rendement de biogaz (de 200 à 800 m³/t selon le type de fruits et légumes – voir Tableau 16, sur la page 33), bien que leur utilisation comme substrat unique pour la production de biogaz est compliquée et la composition aura une forte influence sur la performance globale. Il est dès lors préférable de les utiliser en co-digestion avec d'autres substrats (Scano, et al., 2014).

Le projet FABbiogas cite, entre autres, l'installation de Frisch & Frost comme bonne pratique de méthanisation de déchets issus de l'industrie de la transformation des fruits et légumes. Cette compagnie est le transformateur de pommes de terres le plus important en Autriche. Elle produit 62 tonnes d'épluchures, de moût, de déchets de pomme de terre, et de boues quotidiennement. L'entièreté du flux de déchets organiques est utilisée comme substrat pour produire 2 740 m³ de biogaz quotidiennement. Des informations complémentaires sur cette installation sont disponibles sur la fiche suivante : http://www.fabbiogas.eu/fileadmin/user_upload/12-D3.2_factsheet_Hollabrunn_AT.pdf

2.5 Industrie de produits laitiers

2.5.1 Principaux déchets produits

L'industrie de produits laitiers fabrique le lait liquide et des produits laitiers transformés, tels que le fromage ou le yogourt, fabriqués à partir de lait liquide. Les principales étapes de transformation sont (Sherman, 2007) :

- Clarification et filtration
- Mélange
- Pasteurisation et homogénéisation
- Processus de fabrication
- Emballage
- Nettoyage en fin de processus

Les déchets produits par cette industrie comprennent les produits endommagés, périmés, ou non-conformes, les solides de fromage, le caillé, le lactosérum, et les boues. Dans le cas du fromage de Beaufort, par exemple, 10 litres de lait produiront 1 kg de fromage et 9 kg de lactosérum. Celui-ci servira ensuite pour produire du beurre, du fromage ricotta, du concentré de protéines de lactosérum, mais la majorité (8,5-8,9 litres) sera du perméat (Decker, 2016). Dans d'autres cas, le lactosérum est principalement converti en produit en poudre et vendu. En Californie, 4,6% du lactosérum sont calculés être sous forme de perméat de lactose (Krich, et al., 2005). Le perméat est un déchet dont le contenu en solides totaux est de 6%.

Des erreurs de recettes, mauvais calibrages de machines, ou des produits non-conformes peuvent entraîner une importante production ponctuelle de déchets.

Russ & Schnappinger (2007) fournissent une liste avec la quantité spécifique de production de déchets, ou « l'indice spécifique de déchets » pour différents secteurs de l'industrie agroalimentaire, reprise dans le Tableau 12 Tableau 13 pour l'industrie de la transformation

laitière. Cet indice est défini comme la masse de déchets accumulés divisé par la masse de produit commercialisable.

Tableau 12 Types de déchets de l'industrie de transformation laitière et leur indice spécifique de déchets (Russ & Schnappinger, 2007)

Type de déchets	Indice spécifique de déchets
Lactosérum	4.0–11.3
Résidus de fromage	0.01–0.04
Déchets de la production laitière	0.04

2.5.2 Méthodes de traitement existantes et pratiques courantes

Les sous-produits de l'industrie de transformation laitière sont habituellement utilisés en interne ou redirigés vers des marchés spécifiques – en Basse-Normandie, 81% des sous-produits sont valorisés (ANEA–IVAMER, 2010). Les données correspondantes sont dès lors difficiles à obtenir. Les déchets peuvent être réutilisés ou recyclés pour une transformation secondaire ou pour de l'alimentation animale. La méthanisation, le compostage et la fermentation pour la production d'alcool sont également utilisés comme méthode de traitement (Sherman, 2007). En Basse-Normandie, sur les 19% restants du volume sortant de l'industrie de transformation laitière, 95% sont utilisés en alimentation animale en raison de leur valeur nutritive, 4% environ sont envoyés en méthanisation, et un peu moins d'1% sont envoyés en compostage.

Le lactosérum est le liquide restant après que le caillé ait été retiré du lait pendant la fabrication de fromage et de caséine. Historiquement, il était utilisé en alimentation animale, comme engrais en épandage, ou nécessitait une élimination. Il peut être utilisé pour la fabrication d'une série de produits, en extrayant et en produisant des protéines et glucides, en évaporant de l'eau pour l'utiliser comme fromage de lactosérum, ou pour récupérer du lactose. Il aura habituellement un marché assurant sa demande et ne sera donc pas considéré comme un déchet, bien qu'il y ait des bonnes pratiques de méthanisation sur site du lactosérum pour produire de l'électricité, de la chaleur, et les bénéfices ou l'épargne (Decker, 2016).

Les produits endommagés, périmés, ou non-conformes peuvent être utilisés en alimentation animale mais ils représentent aussi les fractions utilisées en méthanisation et en compostage.

2.5.3 Potentiel pour la méthanisation

Dans certains cas, la gestion du perméat et des rinçages revenaient à un certain coût, ce qui a conduit des laiteries à se tourner vers la méthanisation pour combiner la possibilité d'éliminer le perméat avec un système de production d'énergie. En effet, cette option offre un meilleur contrôle sur les revenus produits que si l'entreprise se fie aux fluctuations mondiales du prix de la poudre de lactosérum.

Le lactosérum a une forte teneur en matière organique, et par conséquent une demande en oxygène chimique (DOC) élevée. Ceci peut poser problème en fonction de la méthode d'élimination, mais représente également une source potentielle d'énergie. Cependant, le lactosérum est préférablement co-digéré, avec du fumier par exemple, car la digestion de celui-ci seul est instable. En effet, puisque le lactosérum n'a que peu à pas du tout de capacité tampon, si digéré seul le pH pourrait chuter dramatiquement, inhibant l'activité des bactéries méthanogènes. Ceci entraînerait à son tour des faibles rendements en biogaz avec une faible teneur en méthane. Néanmoins, le lactosérum est un excellent substrat pour la méthanisation (Pesta, 2007).

Un exemple d'installation de méthanisation utilisant les déchets de transformation laitière, l'usine Savoie Lactée, a été donné par F. Decker lors de la conférence Bin2Grid à Paris le 15 Mars 2016. La vidéo de sa présentation en français est peut être visualisé au lien suivant:

http://www.dailymotion.com/video/x407vxd_15mars2016-francois-decker-directeur-general-delegue-de-valbio_lifestyle

Le syndicat des producteurs de Beaufort a lancé un projet de production de biogaz à partir de perméat de lactosérum, créant ainsi l'usine Savoie Lactée. Cette usine transforme quotidiennement 200 m³ de lactosérum en beurre (305 t/an), ricotta (40 t/an), protéines (500 t/an) et biogaz. L'installation de méthanisation produit 3 000 MWh/an d'électricité et 3 500 MWh/an de chaleur.

Le communiqué de presse pour l'inauguration de l'usine est disponible depuis le lien suivant : http://www.fromage-beaufort.com/InfoliveDocuments/actualites/dp_upb_savoie-lactee_081015.pdf

2.6 Produits de la minoterie

2.6.1 Principaux déchets produits

Les céréales font partie des aliments les plus populaires au monde, et font généralement partie des aliments de base. Le blé, le riz, le maïs, le millet, l'avoine, le seigle et l'orge sont les principales céréales en alimentation humaine. Certaines de ces cultures sont couramment transformées dans des moulins à grains : le blé et le seigle sont moulus en farine, l'avoine est roulée en flocons, et le riz est décortiqué. Le maïs est principalement transformé en amidon par broyage humide, et en huile par pressage, tandis que l'orge est transformée en malt (Russ & Schnappinger, 2007).

D'après l'association des meuniers européens, les pertes alimentaires de ces activités sont proches de zéro, ce qui signifie qu'il n'y a qu'un potentiel très limité pour la méthanisation.

Un grain de blé se compose de trois parties, dont deux qui sont des sous-produits du procédé de broyage. L'endosperme, riche en protéines et glucides, constitue la majeure partie du grain. Cette partie est utilisée pour fabriquer la farine blanche. Le son, riche en fibres, est le revêtement extérieur et le germe, riche en graisses, est la partie la plus interne du grain. La farine complète utilise les trois parties du grain.

L'indice spécifique des déchets de produits de la minoterie est listé dans le Tableau 13.

Tableau 13 Types de déchets de produits de la minoterie et leur indice spécifique de déchets (Russ & Schnappinger, 2007)

Type de déchets	Indice spécifique de déchets
Son	0.11–0.18
Remoulage	0.06–0.11
Grains brisés, graines, cosses, enveloppes	< 0.01
Poussière fine, glume, paille	< 0.01
Ergot	< 0.01
Déchets d'avoine contenant son et cosses	0.39
Déchets de riz brun	0.11
Son de riz	0.11–0.18
Farine de riz	< 0.01
Plantules de malt	0.038
Poussière de malt	< 0.01
Déchets de séparateurs de grains	0.01–0.04

2.6.2 Méthodes de traitement existantes et pratiques courantes

Le son est couramment ajouté aux céréales du petit déjeuner et aux produits de boulangerie, ou est utilisé en alimentation animale. Le germe de blé est utilisé comme complément alimentaire, comme source d'huile végétale comestible, ou en alimentation animale (European Flour Millers, 2016). Très peu de déchets doivent dès lors être envoyés vers des opérations de traitement.

2.6.3 Potentiel pour la méthanisation

Bien que la farine de blé ait un rendement de biogaz de 540 m³/t de matière fraîche, avec une teneur en méthane de 58%, les faibles quantités de déchets mobilisables pour la méthanisation font que ce secteur de l'IAA ne présente qu'un très faible potentiel pour la méthanisation.

2.7 Boulangeries et produits à base de farine

2.7.1 Principaux déchets produits

Les produits de boulangerie et à base de farine sont fabriqués à partir d'une transformation secondaire de produits, puisque les matières premières en boulangerie sont déjà semi-préparés (par exemple la farine et le sucre). Par conséquent, le processus produit relativement de déchets à l'étape de préparation. Les étapes de production mécanique peuvent produire des déchets suite à une mauvaise calibration des machines (qui peut entraîner des erreurs de coupe ou un poids incorrect, par exemple) ou à des interruptions. Les erreurs de l'opérateur, la surproduction, la dégradation des produits, les produits endommagés, et les déversements accidentels entraînent tous une production de déchets également (Sherman, 2007). Beaucoup de déchets pourraient être évités lorsqu'il s'agit de produits non-conformes.

Si des fruits ou légumes frais sont utilisés dans un produit, leur préparation produira des épiluchures et du jus. Des fruits en conserve mènent à un déchet de sirop. La cuisson générera de l'huile usagée puisqu'elle doit être renouvelée régulièrement.

2.7.2 Méthodes de traitement existantes et pratiques courantes

Les déchets de boulangerie peuvent être réutilisés et récupérés en cuisant les déchets de pâte pour produire de la chapelure, en les utilisant pour l'alimentation animale, ou en les compostant. Tout comme pour les produits de la minoterie, seules des quantités limitées des déchets de boulangerie et de produits à base de farine sont mobilisables pour la méthanisation.

2.7.3 Potentiel pour la méthanisation

Kot et al. ont étudié la possibilité d'utiliser des déchets de boulangerie pour produire du biogaz (2015). Ces déchets ont une forte valeur énergétique par tonne, mais ils sont peu mobilisables ce qui limite leur potentiel pour la méthanisation.

2.8 Industrie des boissons

2.8.1 Principaux déchets produits

L'industrie des boissons peut être divisée en deux, avec les boissons non-alcoolisées d'une part, et l'industrie de la fermentation d'autre part. L'industrie de la fermentation comprend le secteur brassicole, la distillation et la production de vin.

Au cours de la production de bière, le moût est constitué du mélange des substances désirées extraites du malt concassé avec de l'eau. Les drêches sont alors considérées comme des déchets. Suite à cela, un complexe protéine-tanin appelé « cassure » est aussi extrait du moût.

Après fermentation, la levure est également séparée et des déchets supplémentaires sont produits sous forme de boue au moment de la filtration, si le type de bière produit nécessite une étape de filtration. L'indice spécifique de déchets relatif à chacun de ces types de déchets est listé dans le Tableau 14. Les drêches constituent près de 85% des déchets produits au cours de l'étape de brassage (Rocha dos Santos Mathias, et al., 2014).

Tableau 14: Types de déchets brassicoles et leur indice spécifique de déchets (Russ & Meyer-Pittroff, 2004)

Type de déchets	Indice spécifique de déchets
Poussière de malt	< 0.001
Drêches	0.192
Cassure	0.024
Levure	0.024
Boues de Kieselguhr (terre de diatomée)	0.006

Il y a deux périodes dans le processus de fabrication du vin : la récolte et post-récolte. La fabrication du vin produit des déchets saisonniers (pic en septembre-novembre), tout comme dans le cas de la transformation des fruits et légumes. La quantité de déchets produite pendant la période de récolte est, sans surprise, bien plus élevée que pendant la période post-récolte. L'égrappage, le pressage, et les opérations de décantation produisent des déchets tels les tiges, le marc de raisin contenant peaux et graines, la lie (dépôts de levures mortes et autres sédiments), et les terres de filtration. La quantité de marc jeté dépend du type de système de presse utilisé. La quantité de sédiments de clarification produits dépend de l'état des raisins récoltés et de la méthode de transformation. Enfin, la formation de sédiments de levure dépend du type de vin produit, la production de vin rouge ayant un indice de déchets plus élevé.

Une étude au Portugal a montré qu'une tonne de raisins transformés peut produire 0,13 tonnes de marc, 0,06 tonnes de lies, et 0,03 tonnes de tiges (Oliveira & Duarte, 2016).

Tableau 15: Types de déchets vinicoles et leur indice spécifique de déchets (Russ & Meyer-Pittroff, 2004)

Type de déchets	Indice spécifique de déchets
Marc	0.136–0.145
Sédiment de clarification	0.015–0.050
Sédiment de levures	0.03–0.06

Le marc de pomme issu de la fabrication de cidre est habituellement produit en automne en Basse-Normandie. Bien souvent, celui-ci est séché, ce qui entraîne des coûts, et envoyé en craquage, pour générer des revenus. Le marc de pomme issu de la fabrication de jus est généralement produit au printemps et n'est pas séché, puis envoyé en alimentation animal ou en méthanisation (ANEA-IVAMER, 2010).

2.8.2 Méthodes de traitement existantes et pratiques courantes

Les drêches sont généralement utilisées en alimentation animale, ou pour la production d'énergie par combustion directe ou par méthanisation, bien qu'elles aient de nombreuses autres utilisations. Les lies et levures sont habituellement mélangées avec les drêches de brasserie en alimentation animale (Rocha dos Santos Mathias, et al., 2014). La terre de diatomées est plus difficile à éliminer en raison de son importante charge organique et de la grande quantité de matière en suspension ou dissoute. Son élimination à l'égout est problématique – elle est dès lors mise en décharge.

Les tiges et boues issues de la production de vin peuvent être compostées ou envoyées en méthanisation. D'après le Règlement (CE) n° 479/2008 du Conseil portant organisation commune du marché vitivinicole : « Sauf l'alcool, l'eau-de-vie ou la piquette, il ne peut être obtenu à partir de la lie de vin et du marc de raisins ni vin ni boisson destinés à la consommation humaine directe. ». « Le pressurage des lies de vin et la remise en fermentation des marcs de raisins à des fins autres que la distillation ou la production de piquette sont interdits. » Le marc de raisin et la lie de vin sont considérés des sous-produits, avec une valeur ajoutée, et sont dès lors envoyés en distillerie pour récupérer de l'alcool et de l'acide tartrique. Ceci, à son tour, produit du marc de raisin épuisé et de la vinasse (un déchet liquide) qui peuvent être envoyés en méthanisation. Par contre, le compostage ou la méthanisation représentent un coût.

Le sédiment de clarification est habituellement utilisé comme amendement de sol, en compostage, ou, en moindre mesure, en méthanisation.

2.8.3 Potentiel pour la méthanisation

D'après le projet européen TherChem, financé par le programme FP7-PME, chaque hectolitre de bière produit 24 kg de résidus organiques avec un potentiel de biogaz d'à peu près 3,4 m³ (60% méthane). Les drêches de brasserie à elles seules peuvent produire 70% de ce méthane (TherChem, 2014).

Les vignobles pourraient assurer jusqu'à 45% de leurs besoins en énergie des trois mois de fabrication du vin grâce à la méthanisation du marc de raisin qu'ils produisent (Jasko, et al., 2012). Le marc de raisin épuisé et les lies de vin sont également adaptées à la méthanisation, avec des rendements de biogaz pour les lies atteignant 855,5 m³/t de matières solides volatiles or 774,5 m³/t de solides totaux. Dans les régions ou pays vinicoles, tels que la France, ceci représente un potentiel considérable pour la production de méthane.

Le cas de St. Laurent de Cognac est bon exemple de production de biogaz à partir de déchets de distillerie. L'installation traite environ 300 000 t/an de vinasse, produisant ainsi 20 000 MWh de biogaz. La fiche d'information du projet FABbiogas sur cette installation est disponible ici : http://www.fabbiogas.eu/fileadmin/user_upload/03-D3.3_factsheet_St.Laurent_FR.pdf

3 Évaluation du potentiel de production de biogaz

La méthanisation consiste en la dégradation de la matière organique par les micro-organismes dans des conditions contrôlées et en absence d'oxygène. Les produits de la méthanisation sont le biogaz et le digestat. Le biogaz contient généralement 55-70% de CH₄ (mais il peut y en avoir davantage), 45-30% de CO₂ et d'autres constituants mineurs, comme le sulfure d'hydrogène (H₂S) et de l'eau. Le méthane produit est un gaz incolore et inodore et constitue la principale source d'énergie du biogaz avec une densité de 0,71 g/L (25°C, 1 atm)

3.1 Méthode générale pour évaluer le potentiel du biogaz

Pour estimer le potentiel total du biogaz, il est nécessaire de connaître les rendements de biogaz des différentes matières premières. Ainsi, le pouvoir méthanogène des différents flux de déchets est une information importante pour développer davantage les concepts du Déchet-en-Biocarburant dans les territoires cibles du projet Bin2Grid et même plus largement. Une liste des différentes fractions de déchets (substrats) produits dans les différents secteurs est présentée dans le Tableau 16 du Livrable 2.2 « Catalogue des types de déchets alimentaires et leur potentiel énergétique ».

Les rendements moyens fournis ci-dessous sont des valeurs approximatives – les rendements exacts peuvent être obtenus par une analyse des arrivages de matières premières dans une unité de méthanisation.

Tableau 16: Rendement de biogaz par flux de déchets

Substrats	Matière sèche (%)	Rendement de biogaz (m ³ /t, matière fraîche)	Contenu en méthane (%)
Déchets de l'industrie alimentaire			
Moût des fruits	3 - 5	250 - 540	63
Moût de distillation	3 - 8	400 - 450	62
Moût de céréale	5 - 8	80 - 100	63
Moût et pulpe de pomme de terre	5 - 16	250 - 800	55
Pulpe de pomme de terre séchée	85	500 - 600	55
Résidus d'oléagineux pressés	90	420 - 720	66
Farine de blé	86	540	58
Germe et malt	90	580	55
Déchets de boulangerie	60 - 80	400 - 500	62
Lactosérum	4 - 6	50 - 140	58
Lait écrémé, séché	75	400 - 520	60
Fromage	30	320	58
Déchets de l'industrie des boissons			
Grains	20 - 25	180 - 300	60
Grains, séchés	90	550	62
Pommes	22 - 40	420 - 510	68
Purée de pomme	2 - 5	420	60
Fruits, mélangés	25 - 45	400 - 650	68
Vinasse de la production d'alcool	8 - 12	50	55
Légumes, déchets verts, herbe			
Mélange de déchets végétaux	5 - 20	300 - 400	62
Feuilles	75 - 90	10 - 20	56
Légumes verts (frais)	80	40 - 80	58
Herbe d'ensilage	22 - 36	320 - 420	55
Maïs d'ensilage	20 - 40	160 - 200	55
Paille de riz	25 - 50	320 - 450	50
Déchets de marché	8 - 20	250 - 450	60
Déchets de ménages et de cantines			
Mélange de biodéchets	35 - 75	200 - 420	62
Herbe, déchets verts	25	180	56
Restes alimentaires (cuisine)	9 - 37	320 - 780	58
Surplus alimentaires	14 - 18	210 - 540	55
Pain sec	65 - 90	620 - 880	58
Mélange de graisses	80 - 95	1,100	66
Œufs	25	380 - 520	54
Lait écrémé	8	560	55
Huile et graisse de friture	50 - 70	600 - 750	62
Sous-produits animaux			
Déchets d'abattoirs	-	320 - 600	-
Farines animales	8 - 25	750 - 1,100	-
Graisses animales	-	1,000	65
Sang liquide	18	420	-
Tripes (cochon)	-	60	55

Avec ces rendements de biogaz moyens et la quantité de déchets agroalimentaires produits dans un territoire donné, il est possible d'estimer le potentiel de biogaz du territoire.

3.2 Le potentiel de biogaz des quatre territoires cibles

Basé sur la disponibilité des données des déchets produits par les industries agroalimentaires locales, le potentiel de biogaz de chaque territoire cible du projet Bin2Grid a été estimé dans les pages suivantes.

3.2.1 Zagreb

Comme mentionné précédemment dans le D3.1 « Cartographie des Déchets Alimentaires des IAA », les données ont été acquises par certaines industries, entreprises et services de restauration, et sont présentées dans le tableau suivant. Seule 17 unités sur 93 sont présentées :

Tableau 17: Données sur les déchets collectés des industries agroalimentaires à Zagreb

Activité	Nb d'unités	Quantités de déchets (t/an)
Production d'huiles et graisses	1	688
Fabrication de produits laitiers et de fromage	1	0
Fabrication de glaces	1	70
Fabrication de produits de la minoterie	1	1
Fabrication de pain, de pâtisseries fraîches et de gâteaux	4	34
Fabrication de cacao, chocolat et confiseries	1	20
Transformation de thé et café	3	285
Fabrication de plats préparés homogénéisés et d'aliments diététiques	1	27
Distillation, rectification, mélange de liqueurs	1	332
Fabrication de bière	1	1 064
Fabrication de boissons non alcoolisées, production d'eaux minérales et autres bouteilles d'eau	2	64
Total	17	2 584

Lors d'UrbanBiogas (2014), un projet précédent dans lequel le partenaire Bin2Grid Zagreb City Holding (ZCH), l'entreprise publique de la ville de Zagreb, participait, l'analyse des DMA de la ville de Zagreb a été effectué, et a montré qu'environ 30% des déchets municipaux totaux peuvent être classés en tant que déchets de cuisine et de jardin. Une certaine quantité de déchets de cuisine sont collectés par des hôtels et restaurants et sont livrés à une unité de compost où ils sont mélangés avec les déchets de jardin collectés dans les lieux publics. Les plus gros producteurs de déchets comprennent les industries agroalimentaires et les centres commerciaux, alors que les marchés « verts » ont été introduits séparément.

Plusieurs projets et actions ont été conduits à Zagreb ces 5 dernières années avec une attention particulière à l'amélioration de la collecte des biodéchets en relation avec les obligations en Croatie concernant la diminution de la mise en décharge des biodéchets. Dans le Tableau 18 (du projet UrbanBiogas), l'estimation des quantités possibles de biodéchets à Zagreb est donnée, également disponible dans le D3.1.

Sur la base de ces estimations, la production de biogaz et de biométhane a été estimée ci-dessous (Ribić & Sinčić, 2013) :

Tableau 18: Estimation de la production de biogaz et de méthane à Zagreb à partir du projet UrbanBiogas

Entrée	Quantité (t/an)	Taux de matière sèche (%)	Rendement de biogaz (m ³ /y)	Quantité de biogaz (m ³ /y)
Biodéchets des ménages et du commerce	5 000	20	500 000	340 000
Biodéchets de cuisine et de cantines	10 000	20	1 000 000	600 000
Marchés	3 000	20	300 000	180 000
Industries agroalimentaires	1 000	20	100 000	60 000
Déchets des produits laitiers et œufs	500	17	37 500	20 000
Total	20 000		1 937 500	1 200 000

Les valeurs estimées ci-dessus datent de 2011, quand la collecte des déchets biodégradables à Zagreb n'était pas encore bien organisée. Ces valeurs sont donc peu précises comparées à celles du Tableau 17 présentant les quantités de déchets de certaines industries.

Les nouvelles données collectées sont maintenant utilisées pour estimer la gamme de potentiels de biogaz même si, pour une estimation précise, les déchets entrant dans l'unité de méthanisation devraient être mesurés pour le rendement réel de biogaz à chaque fois.

En prenant en compte les quantités de biodéchets alimentaires mentionnées précédemment et les rendements en biogaz déterminés dans le Tableau 16, le tableau suivant donne une estimation de production de biogaz des industries agroalimentaires.

Tableau 19: Estimation de la production de biogaz à partir des déchets des IAA à Zagreb

Industrie	Déchets (t/an)	Potentiel inférieur (m ³ /an)	Potentiel supérieur (m ³ /an)
Production d'huiles et graisses	688	174 752	250 088
Fabrication de produits laitiers et de fromage	0	0	0
Fabrication de glaces	70	3 500	9 800
Fabrication de produits de la minoterie	1	560	560
Fabrication de pain, de pâtisseries fraîches et de gâteaux	34	11 560	12 920
Fabrication de cacao, chocolat et confiseries	20	7 250	11 050
Transformation de thé et café	285	84 930	119 700
Fabrication de plats préparés homogénéisés et d'aliments diététiques	27	5 589	12 096
Distillation, rectification, mélange de liqueurs	332	94 067	133 353
Fabrication de bière	1 064	188 328	259 616
Fabrication de boissons non alcoolisées, production d'eaux minérales et autres bouteilles d'eau	64	26 240	34 240
Total	2 585	596 776	843 423

Les déchets des industries agroalimentaires à Zagreb, qui s'élèvent à environ 2 500 tonnes en 2011, pourrait potentiellement être utilisés pour produire entre 600 000 et 850 000 m³ de biogaz par an. Cette estimation est basée sur les rendements de biogaz normalisés dans la littérature. Pour des estimations plus précises, des mesures de la composition des déchets de chaque industrie seraient nécessaires, ainsi que des mesures en laboratoire de rendements de biogaz. Les données sont représentées sur la Figure 2 pour une meilleure analyse visuelle.

La plupart des déchets des IAA à Zagreb proviennent de la fabrication de bières et des huiles et graisses, faisant de ces deux secteurs les plus prometteurs pour la méthanisation

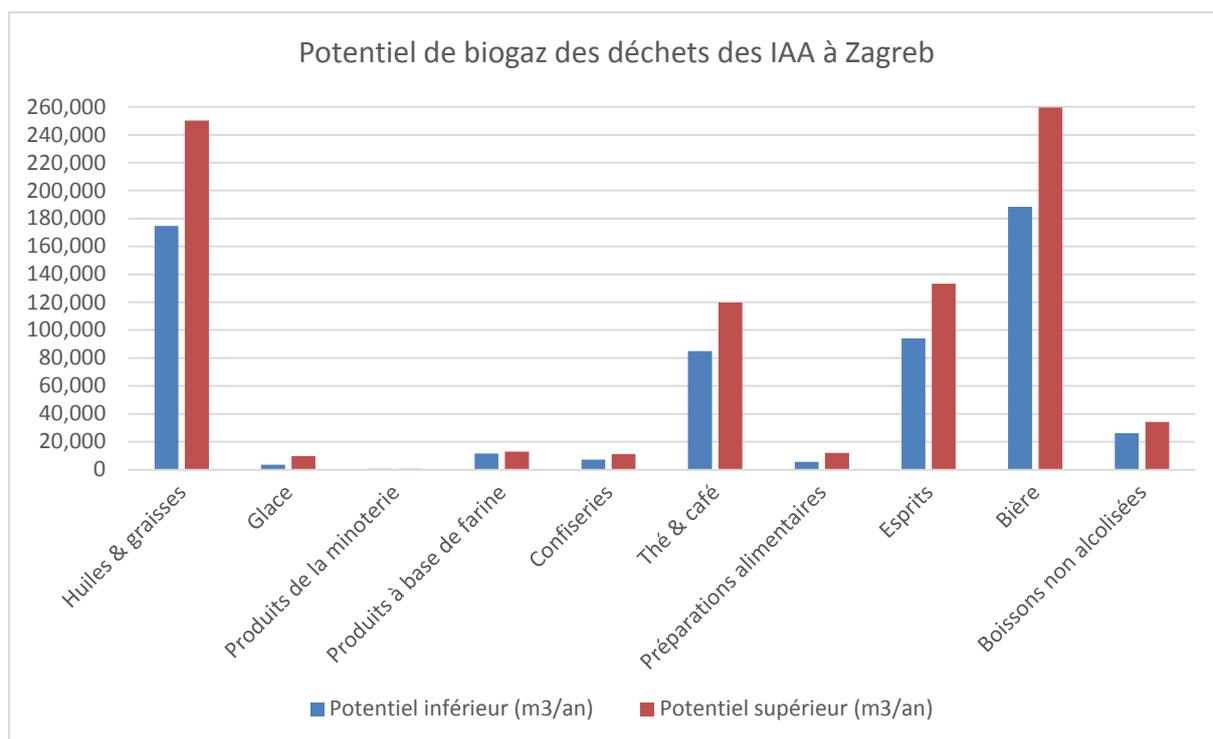


Figure 2: Potentiel de biogaz des déchets des IAA à Zagreb

3.2.2 Skopje

Le tableau suivant présente les quantités de déchets biodégradables produits par les gros producteurs en 2014.

Tableau 20: Gisement de déchets issus des différents secteurs de l'IAA à Skopje (Дрисла Скопје ДОО, 2015)

Activité	Nb d'entreprises	Quantité de déchets (t/an)
Transformation & préservation de la viande & fabrication de produits à base de viande	20	445
Transformation & préservation de poisson, crustacés et mollusques	5	34
Transformation & préservation de fruits et légumes	8	166
Fabrication d'huiles et de graisses végétales et animales	1	14
Fabrication de produits laitiers	9	463
Fabrication de produits de boulangerie et à base de farine	3	68
Fabrication d'autres produits alimentaires	7	18
Fabrication de confiseries	10	195
Fabrication de boissons	9	476
Marchés verts	/	2 131
Entretien de parcs et espaces verts	/	3 297
Total	73	7 307

Le tableau suivant donne une estimation la production moyenne de biogaz à partir des déchets de l'IAA, en tenant compte des quantités de déchets mentionnées précédemment.

Tableau 21: Estimation de la production de biogaz à partir des déchets des IAA à Skopje

Activité	Quantité de déchets (t/an)	Potentiel moyen (m ³ /an)
Transformation & préservation de la viande & fabrication de produits à base de viande	445	219 675
Transformation & préservation de fruits et légumes	166	66 400
Frabrication d'huiles et de graisses végétales et animales	14	9 800
Fabrication de produits laitiers	463	266 225
Fabrication de produits de boulangerie et à base de farine	68	30 600
Fabrication de boissons	476	171 360
Marchés verts	2 131	1 278 600
Entretien de parcs et espaces verts	3 297	164 850
Total	7 060	2 207 510

À Skopje, les déchets issus de l'IAA, représentant un peu plus de 7 000 tonnes (données 2014), pourraient dès lors être utilisés pour produire environ 2 hm³ de biogaz (2 millions de m³). Les déchets de marchés verts ont le plus de potentiel, comme l'illustre la Figure 3, à la fois grâce à leurs quantités relativement élevées et au rendement de biogaz des matières premières. Le Tableau 21 ne fournit que des résultats indicatifs. Toutes les valeurs sont approximatives et peuvent fort varier. Les rendements de biogaz dépendent for de la teneur en matières sèches, du stockage, et de la manipulation des matières premières. Des analyses de matières premières sont nécessaires pour un calcul précis.

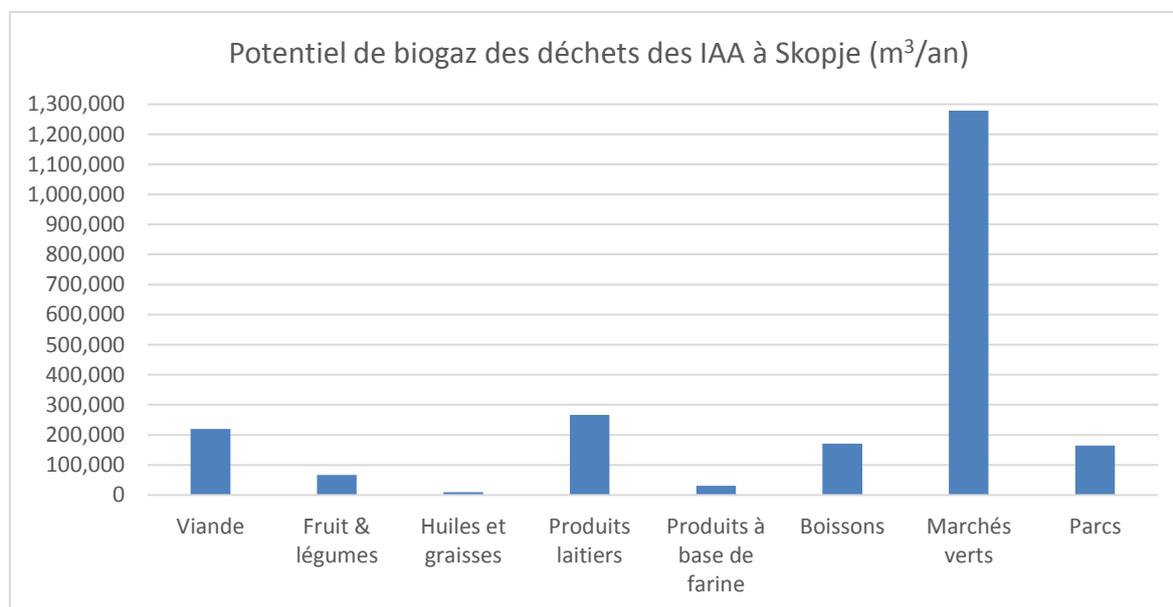


Figure 3: Potentiel de biogaz à partir des déchets des IAA à Skopje (m³/y)

3.2.3 Malaga

En 2010, le Ministère espagnol de l'Environnement et des Affaires Rurales et Maritimes (MAGRAMA) a mené une étude sur le secteur du biogaz afin d'évaluer le potentiel de biogaz agro-industriel en Espagne (http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-la-produccion-ganadera/DOCBIOGASVersion21-09-2010_tcm7-5925.pdf).

Dans le but de connaître ce potentiel, il est essentiel de connaître la production totale de matières premières susceptibles d'être digérées, afin de prendre en compte les particularités de leur production et d'estimer la quantité de celles-ci pouvant être utilisées pour la production de biogaz.

Suivant les données fournies dans le rapport D3.1 relatives à la production totale de matières premières mobilisables de l'IAA (t/an), une évaluation des différents sous-produits et déchets produits dans le secteur de l'agroalimentaires dans la province et la ville de Malaga a été menée.

Tableau 22: Déchets animaux et végétaux, province de Malaga, 2010 (D3.1)

Source: PROBIOGAS (préparé par IAT)

Industrie (code NACE)	Code LER	Type de déchets	Quantités produites (t/y)	
Industrie de la viande	02 02	Abattoirs	1 621 925,00	
		Déchets de stabulation	8 666,00	
		Farines animales	0,00	
		Boues issues de la préparation & transformation	4 061,00	
Industrie du poisson	02 02	Déchets issus de la préparation & transformation	382 819,00	
		Boues issues de la préparation & transformation	105 689,00	
Industrie laitière	02 05	Déchets de produits laitiers	Lait	962,00
			Fromage	34,00
			Glace	0,00
		Lactosérum	15 961,00	
		Boues	2 929,00	
Industrie du sucre	02 04	Déchets de la transformation du sucre	Pulpe	0,00
			Molasses	0,00
Industrie des fruits & légumes	02 03	Déchets de fruits, légumes, et huiles comestibles	Fruits & légumes	37 492,00
			Grignons à 2 phases	207 650,00
			Margines à 3 phases	2 440,00
			Boues	964,00
Production de vin	07 07	Déchets de la production de vin	Lies de vin	1 517,00
Brasseries	07 07	Déchets de brasserie		21 600,00

Tableau 23 : Déchets animaux et végétaux, région centre-sud de la vallée du Guadalhorce (comprenant la ville de Malaga), 2010 (D3.1) Source : PROBIOGAS (préparé par IAT)

Industrie (code NACE)	Code LER	Type de déchets		Quantités produites (t/y)
Industrie de la viande	02 02	Abattoirs		12 991,00
		Déchets de stabulation		5 651,00
		Farines animales		0,00
		Boues issus de la préparation & transformation		3 261,00
Industrie du poisson	02 02	Déchets issus de la préparation & transformation		10 797,00
		Boues issues de la préparation & transformation		3 900,00
Industrie laitière	02 05	Déchets de produits laitiers		132,00
		Lactosérum		15 961,00
		Boues		608,00
Industrie du sucre	02 04	Déchets de la transformation du sucre	Pulpe	0,00
			Molasses	0,00
Industrie des fruits & légumes	02 03	Déchets de fruits, légumes, et huiles comestibles	Fruits & légumes	24 183,00
			Grignons à 2 phases	32 004,00
			Margines à 3 phases	273,00
			Boues	0,00
Production de vin	07 07	Déchets de la production de vin	Lies de vin	156,00
Brasseries	07 07	Déchets de brasserie		21 600,00

Une fois les matières premières issues de l'IAA quantifiées (D3.1), les catégories suivantes vont être considérées comme ayant une utilisation probable pour la production de biogaz. Ces catégories sont groupées selon leurs caractéristiques intrinsèques pour la production de biogaz en fonction du volume produit :

- Comme illustré dans les tableaux précédents, le calcul de la production totale de déchets de **l'industrie de la viande** prend en compte les types de déchets suivants :
 1. Sous-produits dérivés d'abattoirs de viande rouge et blanche (C3)
 2. Déchets de stabulation préalable à l'abattage (fumier et lisier)
 3. Farines animales (C3)
 4. Boues de stations d'épuration (STEP)

Les sous-produits issus d'abattoirs (sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine, abrégé SANDACH en espagnol) sont régulés par la Règlementation SANDACH. Cette réglementation espagnole utilise 3 catégories de sous-produits, selon leur risque sanitaire. Suivant cette réglementation, les SPA mobilisables pour la méthanisation sont C2 après un processus de stérilisation (farines animales), C3 après un traitement d'hygiénisation (sous-produit dérivé d'abattoirs) et les déchets de stabulation (fumier et lisier).

Cependant, les **farines animales** (C2) et les **déchets de stabulation** (fumier et lisier) seront considérés pour calculer le potentiel pour les raisons suivantes :

- Les sous-produits animaux issus d'abattoirs (C3) sont exclus car ces matières premières sont en forte demande pour la production d'alimentation animale, ainsi les opérateurs seraient en compétition avec le marché
 - Les boues de STEP sont exclues
 - Au sein de la catégorie des déchets de stabulation, seul ceux de bovins, de porcs, et de volaille sont pris en considération dans le calcul du potentiel de production de biogaz, en raison des caractéristiques de production des différents animaux d'élevage en Espagne.
- Pour **l'industrie laitière**, le **lactosérum** est le seul sous-produit pouvant être utilisé comme matière première pour la production de biogaz. Les boues de STEP sont exclues.
- Les **molasses** et la **pulpe de betterave sucrière** sont considérées pour **l'industrie du sucre**.
- Dans **l'industrie des fruits et légumes**, les considérations suivantes ont été prises en compte :
- Ce groupe comprend une grande variété de déchets, mais, dans l'optique d'une valorisation par méthanisation, tous les déchets ne convenant pas au processus de méthanisation en raison de leur teneur élevée en cellulose ou en lignine ont été exclus, et le même coefficient de production de biogaz est utilisé pour tous ces déchets.
 - Tous les déchets de cultures de légumes, tels que les surplus, les produits non-conformes, etc. ont été exclus en raison du coût élevé et des difficultés logistiques pour leur valorisation.
 - La production de margines, ou eaux de végétation, de l'extraction d'huile d'olive est exclue. Actuellement des systèmes à deux phases sont habituellement mis en œuvre dans ces dans le processus de production d'huile, ce qui génère un déchet appelé les grignons, qui, en raison de ses caractéristiques intrinsèques, est difficilement méthanisable.
 - Les boues de STEP sont également exclues.
- Dans **l'industrie de production de vin**, les **lies de vin** sont prises en compte. Le marc est exclu en raison de ses caractéristiques intrinsèques.
- Les déchets de **brasserie** pris en compte sont les **bagasses**.

Tableau 24 : Estimation de la production de biogaz à partir des déchets des IAA dans la province de Malaga en 2010 Source : PROBIOGAS et MAGRAMA (préparé par IAT)¹

Industrie (code NACE)	Code LER	Type de déchets	Quantités produites (t/y)	Rendement de biogaz (m ³ /t)	Production de biogaz (m ³ /an)
Industrie de la viande	02 02	Abattoirs	8 621,00	20,58	177 420,18
		Farines animales	0,00	469,19	
Industrie du poisson	02 02	Déchets de préparation & transformation	382 819,00	Non disponible	Non disponible
Industrie laitière	02 05	Lactosérum	15 961,00	37,00	590 557,00
Industrie du sucre	02 04	Pulpe	0,00	106,00	0,00
		Molasses	0,00	250,00	
Industrie des fruits & légumes	02 03	Déchets de fruits & légumes	37 492,00	106,00	3 974 152,00
Production de vin	07 07	Déchets de la production de vin	1 517,00	36,00	54 612,00
Brasseries	07 07	Déchets de brasserie	21 600,00	92,00	1 987 200,00
Total			468 010,00		6 783 941,18

La gamme potentielle de production de biogaz à partir des déchets de l'IAA dans la province de Malaga est de l'ordre de 7 millions de m³/an, pour une production de déchets de 470 000 t/an.

Tableau 25: Estimation de la production de biogaz à partir des déchets des IAA dans la région centre-sud de la vallée du Guadalhorce, 2010 Source: PROBIOGAS et MAGRAMA (préparé par IAT)

Industrie (code NACE)	Code LER	Type de déchets	Quantités produites (t/y)	Rendement de biogaz (m ³ /t)	Production de biogaz (m ³ /an)
Industrie de la viande	02 02	Déchets de stabulation	5 651,00	20,58	116 297,58
		Farines animales	0,00	469,19	
Industrie du poisson	02 02	Déchets préparation & transformation	10 797,00	Non disponible	Non disponible
Industrie laitière	02 05	Lactosérum	15 961,00	37,00	590 557,00
Industrie du sucre	02 04	Pulpe	0,00	106,00	0,00
		Molasses	0,00	250,00	
Industrie des fruits & légumes	02 03	Déchets de fruits & légumes	24 183,00	106,00	2 563 398,00
Production de vin	07 07	Déchets de la production de vin	156,00	36,00	5 616,00
Brasseries	07 07	Déchets de brasserie	21 600,00	92,00	1 987 200,00
Total			78 348,00		5 263 068,58

La gamme potentielle de production de biogaz à partir des déchets de l'IAA dans la région centre-sud de la vallée du Guadalhorce (dans laquelle est située la ville de Malaga) est de l'ordre de 5 millions de m³/an, pour une production de déchets de 78 000 t/an.

¹ Les données fournies par le MAGRAMA sont des valeurs moyennes

Dans les deux cas, le secteur avec le plus grand potentiel de production de biogaz est l'industrie des fruits et légumes (NACE 10.3), qui représente 59% de la production potentielle dans la province de Malaga, et 49% dans la région centre-sud de la vallée du Guadalhorce.

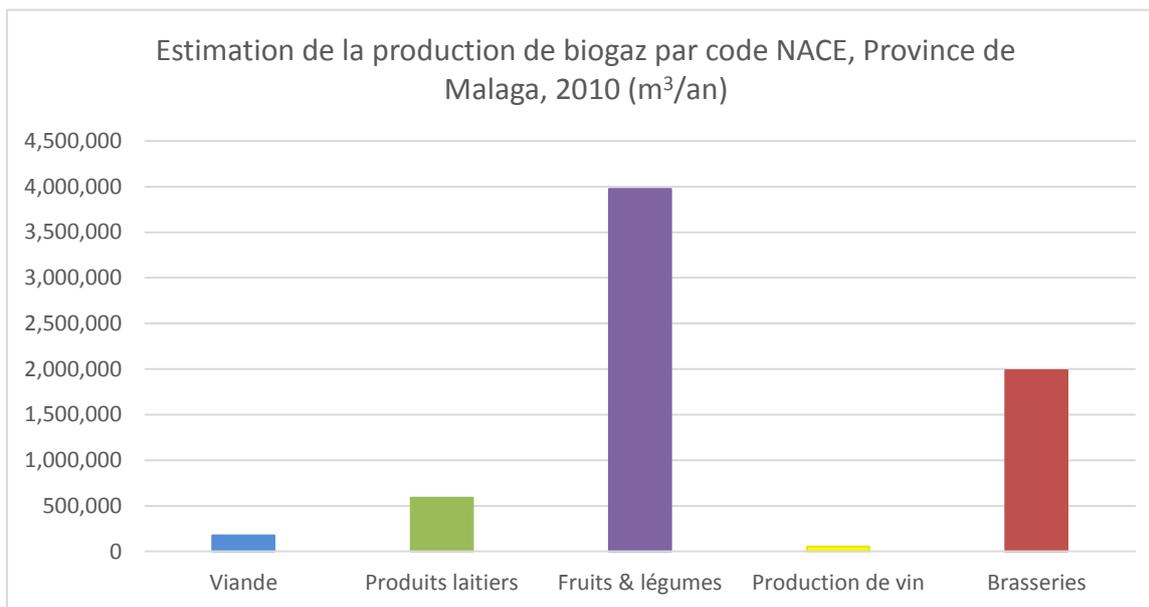


Figure 4: Estimation de la production de biogaz par code NACE, Province de Malaga

3.2.4 Paris

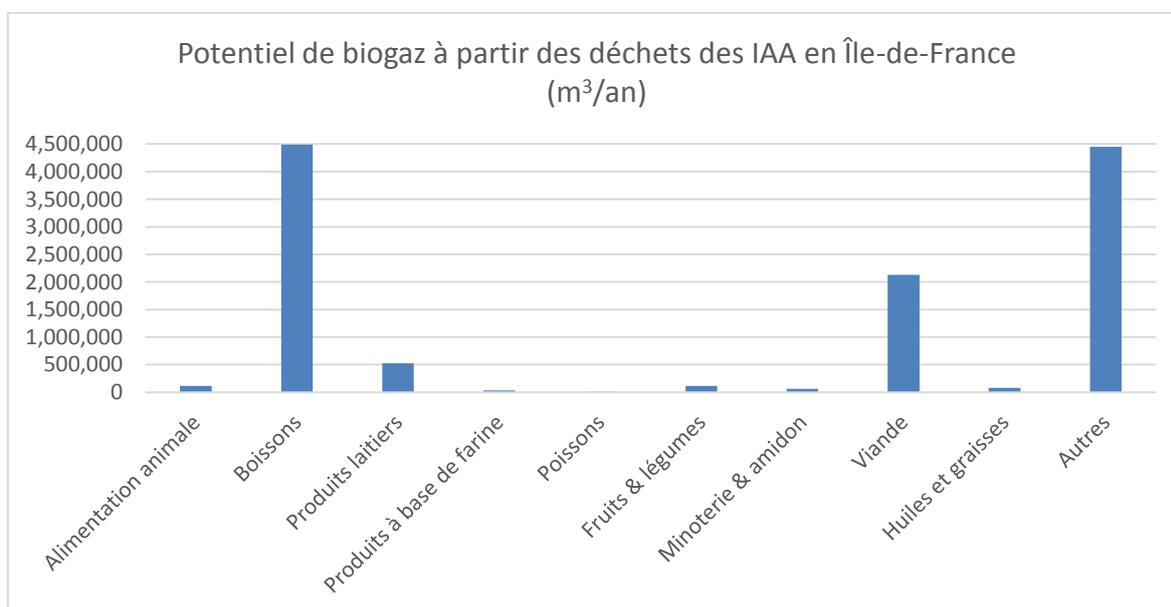
L'évaluation du gisement potentiel de biodéchets issus de l'IAA en Île-de-France a été réalisée pour le rapport D3.1. Cette évaluation a fourni des données sur les quantités disponibles en 2013 en excluant la part déjà utilisées comme sous-produits. La multiplication des gisements disponibles par leur pourcentage de déchets solides nous permet d'obtenir les quantités de matière organique (MO) disponible, en tonnes. Les déchets de la fabrication du sucre ont été exclus car l'estimation obtenue n'était pas soutenue par des données tangibles. Ce tonnage de MO mobilisable, multiplié par le rendement de biogaz de la MO, nous permet de calculer une estimation du potentiel de biogaz pour chaque type d'IAA en Île-de-France. Les résultats sont repris dans le Tableau 26 et illustrés par la Figure 5.

Tableau 26: Estimation de la production de biogaz à partir des déchets des IAA en Île-de-France

Secteur	MO mobilisable (t)	Potentiel de biogaz (m ³ /an)
Alimentation animale	325	113 699
Boissons	13 134	4 492 041
Produits laitiers	1 119	523 132
Produits à base de farine	126	31 492
Poissons	41	12 303
Fruits et légumes	281	112 315
Produits de la minoterie et amidon	252	63 107
Viande	6 084	2 129 388
Huiles et graisses	262	78 507
Autres produits alimentaires	65 079	4 451 712
Total	86 703	12 007 696

Un total de 12 millions de m³ de biogaz pourrait potentiellement être produit annuellement en Île-de-France. 70% de ce potentiel est tiré de quatre sous-catégories d'IAA:

- Fabrication de cacao, chocolat & confiseries
- Brasseries
- Production de vin mousseux
- Production de viande

**Figure 5: Potentiel de biogaz à partir des déchets des IAA en Île-de-France (m³/an)**

4 Conclusion

Ce rapport donne le cadre européen pour la gestion des déchets de l'industrie agroalimentaire, le type de déchets produits par les industries principales du secteur, leurs méthodes actuelles de traitement, ainsi qu'une information indicative sur leur potentiel pour la méthanisation. De plus, ce rapport est centré sur l'Île-de-France, indiquant le cadre local et une estimation du potentiel de production de biogaz pour les différentes branches de l'IAA dans la Région ainsi que dans les trois autres territoires-cibles du projet Bin2Grid.

Les déchets des industries de la viande, laitière, et de boissons sont les plus prometteurs pour la méthanisation, à la fois en raison de leurs bons rendements de biogaz et de leur disponibilité. Les déchets de fruits et légumes de l'IAA, ainsi que ceux des produits de moulins à grains et de boulangeries, sont rarement disponibles pour envoyer en méthanisation car ils sont préférentiellement utilisés pour l'alimentation humaine ou animale. Selon les substrats disponibles et les conditions locales, les déchets de l'IAA peuvent être digérés dans une installation de méthanisation dédiée ou en co-digestion.

Les analyses menées dans les 4 territoires-cibles indiquent que le potentiel pour la méthanisation des déchets de l'IAA se trouve principalement auprès des producteurs de boissons et de viande. Il faut toutefois relever que les biodéchets issus de l'industrie agroalimentaire sont souvent valorisés (par utilisation comme sous-produit, épandage, ou compostage) afin d'offrir un avantage économique ou pour limiter les frais de traitement, c'est pourquoi la méthanisation des déchets de ce secteur est encore limitée.

5 Bibliographie

Agencia Andaluza de la Energía, 2011. *Estudio básico del biogás*, s.l.: Agencia Andaluza de la Energía – Conserjería de Economía, Innovación y Ciencia.

AgTech Centre, 2013. *Energy Opportunities Anaerobic Digestion: Meat Processing*, s.l.: Alberta Agriculture and Rural Development.

ANEA–IVAMER, 2010. *Etat des lieux des déchets et sous-produits organiques issus de l'industrie agro-alimentaire bas-normande*, s.l.: s.n.

Archer, M., Watson, R. & Denton, J. W., 2001. *Fish Waste Production in the United Kingdom - The Quantities Produced and Opportunities for Better Utilisation*, s.l.: The Sea Fish Industry Authority.

Arvanitoyannis, I. S., 2008. *Waste Management for the Food Industries*. 1st éd. s.l.:Academic Press.

Arvanitoyannis, I. S. & Kassaveti, A., 2008. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. *International Journal of Food Science and Technology*, Volume 43, p. 726–745.

Arvanitoyannis, I. S. & Tserkezou, P., 2014. Fish Waste Management. Dans: I. Boziaris, éd. *Seafood Processing: Technology, Quality and Safety*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, p. 263–310.

atres, 2015. *Most Promising Branches in the Food and Beverage Industry*, Freising: FABbiogas project.

AZO, 2016. *Agencija za zaštitu okoliša*. [En ligne] Available at: <http://www.azo.hr/> [Accès le janvier 2016].

Biogas3, 2014. *Biogas3 Handbook: a tool to promote sustainable production of renewable energy from small-scale biogas plants for pursuing self-sufficiency*. s.l.:s.n.

Cavaleiro, A. J. et al., 2013. Biochemical methane potential of raw and pre-treated meat-processing. *Bioresource Technology*, Issue 129, p. 519–525.

CE, 2004. *MEMO/04/107 Questions and Answers on animal by-products*. s.l.:Commission Européenne.

CE, 2006. *Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries*, s.l.: Commission Européenne.

Croatian Ministry of Agriculture, 2016. *Ministarstvo poljoprivrede*. [En ligne] Available at: <http://www.mps.hr/default.aspx?id=6746> [Accès le January 2016].

Decker, F., 2016. *Traitement et valorisation du lactosérum: usine Savoie Lactéeà Albertville* [Interview] (15 03 2016).

DILA, 2011. *Guide des bonnes pratiques d'hygiène de la distribution de produits alimentaires par les organismes caritatifs*, Paris: Direction de l'information légale et administrative, Les éditions des Journaux officiels.

Eiroa, M. et al., 2012. Evaluation of the biomethane potential of solid fish waste. *Waste Management*, Volume 32, p. 1347–1352.

El-Beltagy, A. E., El-Adawy, T. A., Rahma, E. H. & El-Bedawey, A. A., 2005. Purification and characterisation of an alkaline protease from the viscera of bolti fish (*Tilapia nilotica*). *Journal of Food Biochemistry*, Volume 29, p. 445–458.

- European Flour Millers, 2016. *Food losses are close to zero in a flour mill*. [En ligne] Available at: <http://www.flourmillers.eu/page/waste/> [Accès le 23 03 2016].
- FAO, 2014. *FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics. 2012*. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- FAO, 2016. *Livestock Statistics - Concepts, Definitions and Classifications*. [En ligne] Available at: <http://www.fao.org/economic/the-statistics-division-ess/methodology/methodology-systems/livestock-statistics-concepts-definitions-and-classifications/en/> [Accès le January 2016].
- FoodDrinkEurope, 2014. *Preventing food wastage in the food and drink sector*, s.l.: s.n.
- FoodDrinkEurope, 2015. *Food Wastage Toolkit*. [En ligne] Available at: <http://www.fooddrinkeurope.eu/our-actions/maximizing-resources/> [Accès le November 2015].
- Gobierno de Navarra, 2015. Alternativas de tratamiento de materia orgánica. Revisión 1. Dans: *Plan Integrado de Gestión de Residuos de Navarra 2025*. s.l.:Gobierno de Navarra – Departamento Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local.
- Jasko, J., Skripsts, E. & Dubrovskis, V., 2012. Biogas Production of Winemaking Waste in Anaerobic Fermentation Process. *Engineering for Rural Development*, Volume 11, pp. 576-579.
- Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K. & Bawa, A. S., 2012. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *J Food Sci Technol*, 49(3), p. 278–293.
- Kafle, G. K., Kim, S. H. & Sung, K. I., 2013. Ensiling of fish industry waste for biogas production: A lab scale evaluation of biochemical methane potential (BMP) and kinetics. *Bioresource Technology*, Volume 127, p. 326–336.
- Karadeniz, F. & Kim, S.-K., 2014. Trends in the Use of Seafood Processing By-products in Europe. Dans: S. Kim, éd. *Seafood Processing By-Products*. s.l.:Springer New York, pp. 11-19.
- Kot, W., Adamski, M. & Durczak, K., 2015. Usefulness of the bakery industry waste for biogas production. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 60(2), pp. 43-45.
- Krich, K. et al., 2005. *Biomethane from Dairy Waste*, s.l.: Western United Dairymen.
- Mack, D., Huntington, T., Curr, C. & Joensen, J., 2004. *Evaluation of Fish Waste Management Techniques*, s.l.: Scottish Environment Protection Agency SEPA.
- Oliveira, M. & Duarte, E., 2016. Integrated approach to winery waste: waste generation and data consolidation. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 10(1), pp. 168-176.
- Pesta, G., 2007. Anaerobic Digestion of Organic Residues and Wastes. Dans: V. Oreopoulou & W. Russ, éd. *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*. New York: Springer, p. 53–72.
- Ribić, B. & Sinčić, D., 2013. *Biogas production from organic part of municipal solid waste. UrbanBiogas project*, Zagreb: Article in the Proceedings of the EMFM in Zagreb.
- Rocha dos Santos Mathias, T., Moretzsohn de Mello, P. P. & Camporese Sérvulo, E. F., 2014. Solid wastes in brewing process: A review. *Journal of Brewing and Distilling*, 5(1), pp. 1-9.
- Russ, W. & Meyer-Pittroff, R., 2004. Utilizing Waste Products from the Food Production and Processing Industries. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(1), pp. 57-62.
- Russ, W. & Schnappinger, M., 2007. Waste Related to the Food Industry: A Challenge in Material Loops. Dans: V. Oreopoulou & W. Russ, éd. *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*. New York: Springer, p. 1–13.

Scano, E. A. et al., 2014. Biogas from anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes: Experimental results on pilot-scale and preliminary performance evaluation of a full-scale power plant. *Energy Conversion and Management*, Volume 77, p. 22–30.

Sherman, R., 2007. Chain management issues and good housekeeping procedures to minimise food processing waste. Dans: K. Waldron, éd. *Handbook of Waste Management and Co-Product Recovery in Food Processing*. s.l.:Woodhead Publishing Limited, p. 39–58.

TherChem, 2014. *Residues from brewing industry*. [En ligne] Available at: <http://therchem.eu/content/background-information/brewing-technology/residues-from-brewery> [Accès le March 2016].

UrbanBiogas, 2014. *The UrbanBiogas project*. [En ligne] Available at: <http://www.urbanbiogas.eu/> [Accès le December 2015].

Urbaser, 2015. *Plantas de Digestión Anaerobia*. [En ligne] Available at: <http://www.urbaser.es/seccion-15/Plantas-de-Digestion-Anaerobia> [Accès le December 2015].

World Bank Group, 2007. *Environmental, Health and Safety Guidelines for Meat Processing*, s.l.: International Finance Corporation - World Bank Group.

World Bank Group, 2007. *Environmental, Health, and Safety Guidelines for Food and Beverage Processing*, s.l.: International Finance Corporation - World Bank Group.

Дрисла Скопје ДОО, 2015. *Waste arising from the different FAB sectors in Skopje* [Interview] 2015.