

RT01-25108

Analyse du potentiel de codigestion à la ferme de matières organiques provenant des secteurs municipal, industriel, commercial et institutionnel (ICI)

Préparé pour le Centre de développement du porc du Québec inc.

2795, boul. Laurier, bureau 340

Québec (Québec)

G1V 4M7

Novembre 2009

Équipe de réalisation

Analyse du potentiel de codigestion à la ferme de matières organiques provenant des secteurs municipal, industriel, commercial et institutionnel (ICI)

Date : Novembre 2009



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Forcier", written over a horizontal line.

Françoise Forcier, ing., agr., M.Ing.
Directrice de projet

France Pellerin, ing.
Chargée de projet

Yannick Labrecque, ing. jr
Ingénieur de projet

Table des matières

1.0	Introduction	1
2.0	Gestion des résidus organiques municipaux et ICI.....	2
2.1	Quantités de matières organiques au Québec	2
2.1.1	Production de matières résiduelles organiques au Québec	2
2.1.2	Quantités effectivement récupérées et disponibles.....	6
2.1.3	Distribution territoriale de la production	8
2.2	Caractéristiques des matières organiques	9
2.2.1	Qualité et caractéristiques physico-chimiques	9
2.2.2	Modes de récupération.....	13
3.0	Contexte entourant la codigestion	15
3.1	Aspects réglementaires	15
3.2	Aspects économiques et de financement.....	16
3.3	Choix des co-substrats	19
3.3.1	Disponibilité des matières et compétition avec les autres filières de valorisation	22
3.3.2	Opportunités et contraintes liées à la codigestion	26
4.0	Expérience hors Québec de codigestion.....	28
4.1	Cas de l'Ontario	28
4.2	Cas de l'Allemagne et de l'Autriche	30
4.3	Cas de la Suède	32
5.0	Conclusion.....	34
6.0	Liste des références	36

Liste des tableaux

Tableau 2.1	Quantités de matières organiques générées et récupérées au Québec en 2006-2007	7
Tableau 2.2	Comparaison des propriétés agronomiques des boues issues des deux principaux types de stations d'épuration des eaux usées municipales retrouvées au Québec pour la période 2000-2006.	11
Tableau 2.3	Caractéristiques des matières résiduelles organiques (secteur municipal et ICI).....	12
Tableau 3.1	Principaux facteurs influençant l'intérêt pour la codigestion de certains résidus organiques	20
Tableau 3.2	Principales caractéristiques des matières organiques d'origines municipale et ICI favorisant diverses filières de valorisation	23
Tableau 3.3	Résumé des opportunités et contraintes pour un projet de codigestion à la ferme	27
Tableau 4.1	Exemple de codigestion sur une ferme allemande.....	30
Tableau 4.2	Résumé de la digestion anaérobie sur ferme en Autriche, 2003	31
Tableau 4.3	Exemple de codigestion sur une ferme suédoise.....	32
Tableau 4.4	Cas de Västerås, Suède.....	33

Liste des figures

Figure 2.1	Composition de l'ensemble des matières résiduelles d'origine résidentielle (sans les boues).....	3
Figure 2.2	Principaux sous secteurs ICI de production de résidus organiques (alimentaires).....	4
Figure 2.3	Rendements potentiels en biogaz de certaines matières résiduelles comparativement aux lisiers de porcs et de bovins.....	9
Figure 3.1	Comparaison des teneurs en éléments fertilisants des lisiers, fumiers et boues.....	26
Figure 4.1	Procédé de digestion anaérobie à la ferme Fepro, Ontario (Photo : ORMI)	29
Figure 4.2	Photos des installations de digestion anaérobie à la ferme Fepro, Ontario	29

Liste des annexes

Annexe A	Municipalités effectuant en tout ou en partie la collecte des matières organiques alimentaires	
Annexe B	Caractéristiques physico-chimiques typiques des résidus alimentaires triés à la source (restes de table)	

1.0 Introduction

Depuis 2008, le Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ) dirige la réalisation d'une étude sur l'intérêt technico-économique de produire du biogaz à la ferme dans un contexte québécois. Ce projet est réalisé avec la collaboration de plusieurs experts (IRDA, Fertior, IFIP, Hydro-Québec., MDEIE et SOLINOV) et le soutien de partenaires financiers (CDAQ et FPPQ).

Le projet a pour objectif général de développer et de valider un cadre d'analyse sur l'intérêt technico-économique de produire du biogaz à la ferme adapté aux conditions des producteurs porcins du Québec, tenant compte des exigences et références techniques, économiques, agronomiques et environnementales propres au secteur porcin québécois. Parmi les objectifs spécifiques, l'étude vise à recenser des solutions qui permettraient d'optimiser le fonctionnement de ces systèmes, notamment les opportunités de traitement conjoint à la ferme par biométhanisation (aussi appelé digestion anaérobie), de matières résiduelles organiques provenant de municipalités, d'industries, de commerces ou d'institutions. Le traitement conjoint par digestion anaérobie, ci-après appelé codigestion, présente des opportunités et des contraintes qu'il convient d'analyser afin de conclure sur l'intérêt de cette filière pour les producteurs agricoles québécois.

Pour cette analyse spécifique, le Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ) s'est adjoint la collaboration de la firme d'experts conseils en gestion de matières résiduelles SOLINOV. Le mandat de SOLINOV consistait principalement à analyser le potentiel de codigestion à la ferme de matières organiques provenant des secteurs municipal, industriel, commercial et institutionnel, (ICI) conjointement avec des lisiers porcins. SOLINOV a également participé à l'élaboration, par le CDPQ et ses collaborateurs, d'un scénario de codigestion à la ferme ainsi qu'à des rencontres d'échange tenues au cours du projet.

Le rapport qui suit présente les résultats de l'analyse effectuée concernant le potentiel de codigestion de lisiers et de matières résiduelles organiques à la ferme. Sont présentées, dans l'ordre, les quantités et les principales caractéristiques des matières résiduelles organiques produites et récupérées au Québec dans les secteurs municipal, industriel, commercial et institutionnel, ainsi que les perspectives de codigestion de ces matières avec les lisiers dans le contexte actuel au Québec. Des exemples d'applications hors Québec sont ensuite présentés afin de faire ressortir les éléments favorisant et contraignant le développement de cette avenue de codigestion dans quelques juridictions ciblées où l'on observe un développement important de cette filière, soit en Ontario, en Suède, en Allemagne et en Autriche. Les principales conclusions qui se dégagent de l'analyse complètent ce rapport et résument les perspectives de développement les plus intéressantes dans le contexte québécois.

2.0 Gestion des résidus organiques municipaux et ICI

2.1 Quantités de matières organiques au Québec

2.1.1 Production de matières résiduelles organiques au Québec

Les matières résiduelles (autrefois appelés déchets solides) sont habituellement regroupées en deux grandes familles définies selon leurs origines; d'une part on retrouve les matières en provenance du secteur municipal et d'autre part, celles provenant du secteur industriel, commercial et institutionnel, aussi appelé secteur ICI. Au Québec, le gouvernement encourage la mise en place de mesures de récupération et de mise en valeur des matières résiduelles produites par les secteurs municipaux et ICI afin de réduire l'élimination (enfouissement ou incinération) des déchets. Il a adopté une *Politique de gestion des matières résiduelles 1998-2008* qui propose une série d'actions en ce sens. Cette Politique ne s'applique toutefois pas à la gestion des résidus du secteur agricole.

Dans le secteur municipal, la majorité des matières résiduelles produites sont collectées de porte en porte auprès des résidences, les deux principales collectes étant celle des ordures ménagères et la collecte sélective des matières recyclables. Une troisième collecte est de plus implantée dans les municipalités, celle des matières organiques triées à la source qui donne lieu à l'appellation de collecte à trois voies. La collecte municipale est gérée soit par une municipalité ou un regroupement municipal lorsque la compétence lui est conférée par ses municipalités membres (ex : Régie intermunicipale, municipalité régionale de comté ou MRC).

L'organisation municipale qui gère les matières résiduelles effectue parfois elle-même le service de collecte et de transport des résidus produits par les résidences et certains petits commerces assimilés à des résidences privées (petits producteurs de déchets du secteur ICI). Le plus souvent, les municipalités confient les services de collecte et de transport des matières résiduelles à des entreprises privées spécialisées par le biais de contrats de gestion attribués à l'issue d'appels d'offres. Ces contrats incluent généralement la disposition des matières, le plus souvent à un lieu d'enfouissement ou d'incinération (déchets), à un centre de tri et de récupération (matières recyclables) et à un centre de compostage (matières organiques). Parfois des contrats distincts sont donnés pour le traitement, notamment dans le cas du compostage des matières organiques.

Dans le secteur des ICI, l'élément distinctif est que les matières résiduelles sont gérées par chacun des producteurs individuellement (industrie, commerce ou institution), sauf dans quelques régions du Québec où la municipalité gère l'ensemble des matières résiduelles produites sur son territoire incluant ceux des entreprises ICI (ex : Iles-de-la-Madeleine). L'autre particularité des résidus produits par les entreprises ICI est la plus grande variabilité des caractéristiques de production (distribution sur le territoire, variabilité dans le temps, caractéristiques physiques et chimiques, etc.) entre les producteurs qui vont du petit commerçant (marché d'alimentation, restaurant) au gros producteur industriel qui génère en plus des déchets solides, des résidus de procédés qui diffèrent beaucoup d'une industrie à l'autre.

Secteur municipal

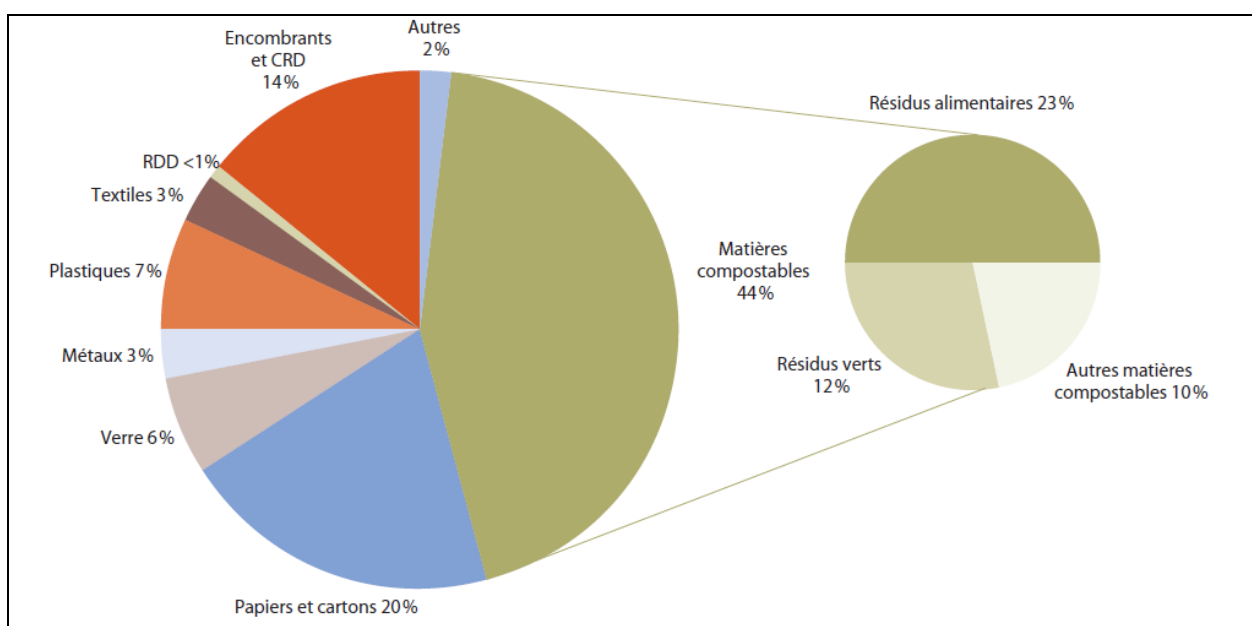
La très grande majorité des matières résiduelles produites dans le secteur municipal sont d'origine résidentielle. Les municipalités gèrent également des petites quantités de résidus provenant des travaux publics (entretien des rues, parcs et autres espaces et bureaux publics), mais la proportion est faible comparativement aux résidus résidentiels.

Au Québec, la production au niveau résidentiel est de l'ordre de 404 kg/personne/an, selon la plus récente étude de caractérisation réalisée par RECYC-QUÉBEC-Dessau-NI Environnement (2007). En 2006, près de 3 millions de tonnes de résidus d'origine résidentielle ont été générés dans la province. Ces matières résiduelles peuvent être classées en différentes catégories dont les plus importantes sont les matières organiques et les matières recyclables (papiers et cartons, plastiques, verre, métaux). Les autres matières résiduelles comprennent principalement les encombrants et les résidus de construction-rénovation-démolition (CRD), les textiles, les résidus domestiques dangereux (RDD).

Les matières organiques d'origine résidentielle sont principalement constituées de résidus verts (gazon et autres herbes, feuilles mortes et branches), de résidus alimentaires (restes de préparation et de consommation d'aliments) et d'autres matières compostables (papiers essuie-mains et autres papiers et cartons souillés, fibres sanitaires, rejets de plantes d'intérieur, etc.).

Les matières organiques comptent pour 44% des résidus résidentiels (figure 2.1) En 2006, le secteur municipal a généré approximativement 1 322 000 tonnes de matières compostables selon le Bilan 2006 de la gestion des matières résiduelles au Québec (RECYC-QUÉBEC, 2006).

Figure 2.1 Composition de l'ensemble des matières résiduelles d'origine résidentielle (sans les boues)



Source: Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel au Québec en 2006-2007, RECYC-QUÉBEC-Dessau-NI Environnement (2007).

Autres matières résiduelles produites par les municipalités : les boues municipales

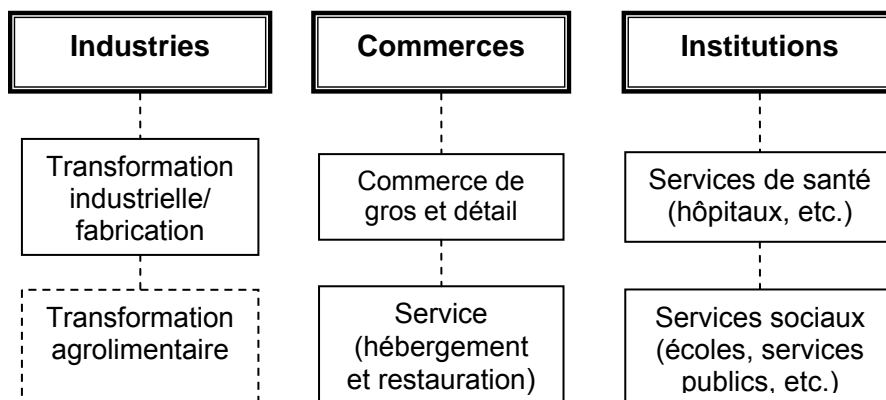
Le Québec compte plus de 700 stations d'épuration des eaux usées municipales générant environ 900 000 tonnes humides de boues annuellement. La majorité de ces boues municipales, appelées aussi biosolides municipaux, proviennent de deux types de stations d'épuration, soit les stations mécanisées et celles de type étangs. Les stations mécanisées, retrouvées généralement dans les grandes villes, sont compactes et produisent des boues déshydratées devant être continuellement évacuées. La plupart des stations mécanisées du Québec utilisent le procédé de traitement biologique par boues activées. On dénombre 84 stations mécanisées au Québec générant la majorité des biosolides municipaux générés au Québec. Les stations de type étang sont beaucoup plus nombreuses mais génèrent un plus petit volume de boues, qui sont évacuées périodiquement, soit tous les 5 à 15 ans (Perron et Hébert, 2007).

Secteur des industries, des commerces et des institutions (ICI)

Les principaux sous-secteurs qui produisent des matières organiques dans la catégorie des industries, commerces et institutions sont indiqués à la figure 2.2. Les quantités ainsi que les caractéristiques des résidus produits varient grandement d'un sous-secteur à l'autre. L'un des plus grands générateurs de ces sous-secteurs est celui de la transformation agroalimentaire. L'industrie de la transformation agroalimentaire constitue le deuxième secteur manufacturier au Québec avec 5,1 milliards de dollars de produit intérieur brut, représentant 34 % du PIB total de l'industrie bioalimentaire québécoise (CTAC, 2009).

Parmi les autres grands générateurs, on retrouve aussi les sous-secteurs du commerce de produits alimentaires de gros (distribution alimentaire) et du commerce de détail (marchés d'alimentation) et le secteur de la restauration (préparation et consommation d'aliments). Les secteurs institutionnels et industriels peuvent également produire des quantités significatives en provenance notamment des cuisines commerciales (cafétérias et autres cuisines d'institutions scolaires, hôpitaux et entreprises).

Figure 2.2 Principaux sous secteurs ICI de production de résidus organiques (alimentaires)



Production de résidus organiques dans le secteur ICI

Pour le secteur industriel, commercial et institutionnel, le Bilan 2006 de RECYC-QUÉBEC indique que la production totale connue de matières résiduelles était de 5 557 000 tonnes en 2006 (RECYC-QUÉBEC, 2006). La proportion de ce total qui est constitué de matières organiques pouvant présenter un intérêt pour la digestion anaérobie n'est toutefois pas établie clairement. On peut estimer qu'elle se situe entre 12,5% (Serrener consultation, 1989) à 32,3% (RECYC-QUÉBEC et SOLINOV, 2004). En appliquant ces pourcentages sur un total de matières résiduelles produites en 2006, la production de matières résiduelles organiques provenant du secteur ICI serait de l'ordre de 694 625 à 1 795 000 tonnes pour l'ensemble du Québec en 2006. Il faut mentionner que le Bilan 2006 de RECYC-QUÉBEC indique plutôt 357 000 tonnes, cependant, cette compilation ne tient compte que des matières connues et déclarées. Un certain niveau de confidentialité entoure la déclaration de ces quantités et les rend donc difficilement accessibles.

Selon une étude réalisée en Ontario, (Geomatrix 2008), la quantité de résidus organiques provenant uniquement du secteur de la transformation agroalimentaire s'estime entre 1,2 à 4,9 millions de tonnes annuellement, (et pourrait atteindre jusqu'à 9,8 millions). De cette quantité, 40 à 60% serait potentiellement disponible pour la digestion anaérobie. En appliquant le ratio du chiffre d'affaire du secteur agroalimentaire de l'Ontario à celui du Québec, on peut extrapoler un ordre de grandeur indiquant que ce secteur produirait de 0,75 à 3 millions de tonnes de résidus organiques par année et qu'environ la moitié de cette matière pourrait potentiellement être disponible pour la digestion anaérobie.

Cependant, aucun inventaire ou étude de caractérisation jugée représentative ne permet d'établir la production de matières organiques pour l'ensemble du secteur ICI ou par catégorie de sous-secteurs. Il est donc plus laborieux d'établir un bilan des matières produites par les entreprises ICI sur un territoire donné faute de répertoires ou d'études déjà menées à ce sujet. Ainsi, contrairement au secteur résidentiel, l'information disponible au niveau de la production de matières résiduelles des secteurs ICI n'est pas facilement accessible. Des évaluations sectorielles peuvent cependant être réalisées, selon les besoins spécifiques.

De façon générale, on estime que la proportion de matières organiques peut atteindre de 30 à plus de 50% dans le secteur de la distribution et du commerce alimentaire de gros et de détail (IWMB, 2006; SOLINOV, 2001, Étude menée pour la Ville de Montréal - non publiée). Pour le secteur industriel, la fabrication d'aliments et de boissons est le producteur majeur de matières organiques valorisables, soit les résidus organiques de procédé. Les producteurs dont les procédés nécessitent un traitement de rejets d'eaux usées produisent des boues industrielles. La proportion de matières organiques sur le total de résidus produits varie d'une industrie à l'autre et seule une enquête spécifique peut permettre d'établir le potentiel de matières organiques récupérables.

Dans les institutions, les différents sous-secteurs de la santé, de l'éducation et des services publics tels les écoles, hôpitaux et édifices gouvernementaux dotés de cuisines et d'aires de consommation de repas produisent des matières organiques en quantités plus ou moins importantes, qui

s'apparentent souvent à celles provenant du secteur résidentiel. On retrouve aussi de ces résidus de cafétéria au niveau des industries, provenant de l'alimentation des employés en milieu de travail.

2.1.2 Quantités effectivement récupérées et disponibles

Pour que soient disponibles aux fins de valorisation les matières organiques provenant des secteurs municipal et ICI, une séparation à la source doit être faite. En offrant une collecte dédiée aux matières organiques séparées à la source, les municipalités et les organismes du secteur ICI (commerces, institutions, industries) favorisent le traitement que ce soit par compostage, digestion anaérobie ou autre en vue de leur valorisation. La séparation à la source est nécessaire pour isoler la matière organique à valoriser des autres composantes des déchets qui peuvent la contaminer et rendre plus complexe et coûteux leur traitement. Ainsi, comme pour les matières recyclables qui ont intérêt à être récupérées séparément des autres déchets, les matières organiques nécessitent également une collecte distincte pour maximiser leur qualité et faciliter leur mise en valeur. Or, contrairement aux matières recyclables, la collecte séparée des matières organiques n'est pas encore répandue au Québec.

Le gouvernement du Québec a adopté en 1999 une *Politique de gestion des matières résiduelles 1998-2008* visant la mise en place de mesures de récupération et de mise en valeur des matières résiduelles (autrefois appelés déchets solides). Dans cette politique, le gouvernement fixait à 60% l'objectif de récupération de la matière organique produite dans les municipalités et les entreprises du secteur ICI. Cette Politique ne visait pas les résidus provenant des secteurs agricoles et forestiers.

Différentes mesures ont alors été prévues par le gouvernement pour faciliter l'atteinte de ces objectifs. Une modification de la *Loi sur la qualité de l'environnement* en 1999 a notamment obligé la préparation et la mise en place d'un *Plan de gestion des matières résiduelles (PGMR)* par chacune des municipalités régionales désignées pour ce faire. En élaborant les PGMR, les quelques 90 municipalités régionales (MRC et communautés métropolitaines) ont dû réaliser un inventaire des quantités de matières organiques produites sur leur territoire de planification et élaborer des mesures visant à récupérer 60% des matières organiques. La majorité des PGMR ont été réalisés de 2000 à 2005 et la plupart des municipalités québécoises avaient prévu offrir un nouveau service de collecte dédié aux matières organiques avant l'échéance de 2008.

Toutefois, bien que certaines municipalités québécoises soient parvenues à relever le défi de la collecte des matières organiques séparées à la source avant 2008, plusieurs sont encore au stade de planification en 2009. Bon nombre d'entre elles attendent à présent les orientations de la future Politique québécoise attendue pour 2009. Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) est en effet à élaborer une nouvelle Politique qui tiendra compte des avancées technologiques et fixera de nouveaux objectifs ainsi que des actions à mettre en place pour les atteindre.

Dans le *Bilan 2006 de la gestion des matières résiduelles au Québec*, RECYC-QUÉBEC fait état des quantités de matières organiques effectivement récupérées en 2006 dans les secteurs

municipal et ICI. Le *Bilan 2007 de la valorisation des matières résiduelles fertilisantes* fait état des quantités de boues valorisées (MDDEP, 2008).

- Dans le secteur municipal, 109 000 tonnes de matières organiques ont été collectées et dirigées principalement vers des installations de compostage (2006).
 - Ce sont majoritairement des résidus verts qui ont été récupérés, composés de feuilles, de branches et d'herbes coupées,
 - Cette quantité représente seulement 8% de la production (ou potentiel) ce qui est bien peu comparativement à l'objectif de 60% visé pour 2008;
 - En date du 12 mai 2009, les municipalités qui effectuent la collecte de matières organiques sont présentées dans le tableau A-1 présenté en annexe A.
 - 246 904 tonnes humides de boues municipales ont été valorisées (2007)
- Dans le secteur des ICI, les quantités suivantes de matières putrescibles ont été valorisées:
 - 200 000 tonnes de résidus de bois (2006)
 - 51 000 tonnes de résidus organiques (alimentaires surtout) (2006)
 - 870 239 tonnes humides de boues de papetières (2007)
 - 179 874 tonnes humides de boues agroalimentaires (2007)

Tableau 2.1 Quantités de matières organiques générées et récupérées au Québec en 2006-2007 (en tonnes métriques ou tonnes humides (t.h.))

Secteurs	Quantité potentielle	Objectifs de valorisation	Quantité visée	Quantité récupérée	% récupéré
Matières résiduelles organiques solides					
Secteur Municipal	1 322 000	60%	793 000	109 000	8%
Secteur ICI ⁽²⁾	357 000 ⁽²⁾	60%	214 200 ⁽²⁾	50 000 ⁽²⁾	14%
Autres résidus organiques (de procédés ou de stations d'épuration, solides, pâteux ou liquides)					
Boues municipales (t.h.)	914 726	100%	914 726	246 904 ⁽¹⁾	27%
Boues de papetières (t.h.)	1 851 572	100%	1 851 572	870 239	47%
Boues et résidus agroalimentaires (t.h.)	n.d.	n.d.	n.d.	179 874	n.d.

(1) Des 246 904 tonnes de boues municipales valorisées, 143 917 tonnes ont été épandues en agriculture et 85 194 tonnes ont été compostées en 2007 (MDDEP, 2007).

(2) La quantité potentielle de matières organiques évaluée pour le secteur ICI est basée seulement sur les déclarations pouvant être référencées par RECYC-QUÉBEC. Elle sous-estime donc grandement la quantité réelle générée. De plus, cette quantité exclut les résidus de la deuxième transformation de bois et toute matière déjà valorisée. La quantité récupérée en 2006 tient compte uniquement des matières compostées sur des sites ayant obtenu un certificat d'autorisation.

Ainsi, malgré l'imprécision sur les quantités produites (secteur ICI), il est possible de voir qu'un potentiel important de matières organiques est produit par les municipalités et les établissements du secteur ICI. Le «gisement» n'est cependant pas exploité à sa pleine capacité.

2.1.3 Distribution territoriale de la production

Pour un projet de codigestion à la ferme, un des paramètres important est la proximité des intrants. Le volume de résidus alimentaires et résidus verts municipaux disponible (secteur municipal et petits commerces) est directement relié à la population et l'aménagement du territoire (espaces verts) d'une région. Par contre pour le secteur des ICI, cela dépend du type et de la taille des entreprises de la région. Il est donc nécessaire de faire une recherche localisée pour déterminer la nature et les quantités effectivement disponibles pour un territoire donné.

Les régions productrices de la majorité du lisier au Québec sont la Montérégie, Chaudières-Appalaches et Centre-du-Québec. La région où la population porcine et la population humaine se côtoient le plus au Québec est la Montérégie, qui est deuxième au niveau de la population porcine et de la population humaine. De plus, la proximité de l'agglomération de Montréal donne accès à un très grand potentiel de matières organiques notamment d'origine ICI.

Sources d'information sur la production dans le secteur ICI

Il existe quelques sources d'information regroupant déjà certaines données pouvant faciliter ces études de cas. On retrouve entre autre certains regroupements et associations tels que le Conseil de la transformation agroalimentaire et des produits de consommation (CTAC) qui consolide l'Association des manufacturiers de produits alimentaires du Québec (AMPAQ), le Conseil de la boulangerie du Québec (CBQ), l'Association des abattoirs avicoles du Québec (AAAQ), le Conseil de l'industrie acéricole (CIA) et l'Association des viniculteurs négociants du Québec (AVNQ). Le CTAC représente donc près de 400 entreprises pour un volume annuel d'affaires de 14 milliards de dollars, dans une industrie globale de près de 20 milliards de dollars.

Le CTAC représente aussi le secteur des Services alimentaires qui regroupe des entreprises de la transformation agroalimentaire, des distributeurs, des gestionnaires d'approvisionnement, des seconds transformateurs (hôtels, restaurants, cantines, centres d'hébergement, milieux scolaire et de la santé) ainsi que des entreprises de services. Il s'agit du seul regroupement québécois des différents maillons de la chaîne agroalimentaire dédié aux Services alimentaires (CTAC, 2009). Une autre source potentielle d'information est l'Association des détaillants en alimentation du Québec (ADAQ) qui représente l'ensemble des détaillants en alimentation propriétaires du Québec.

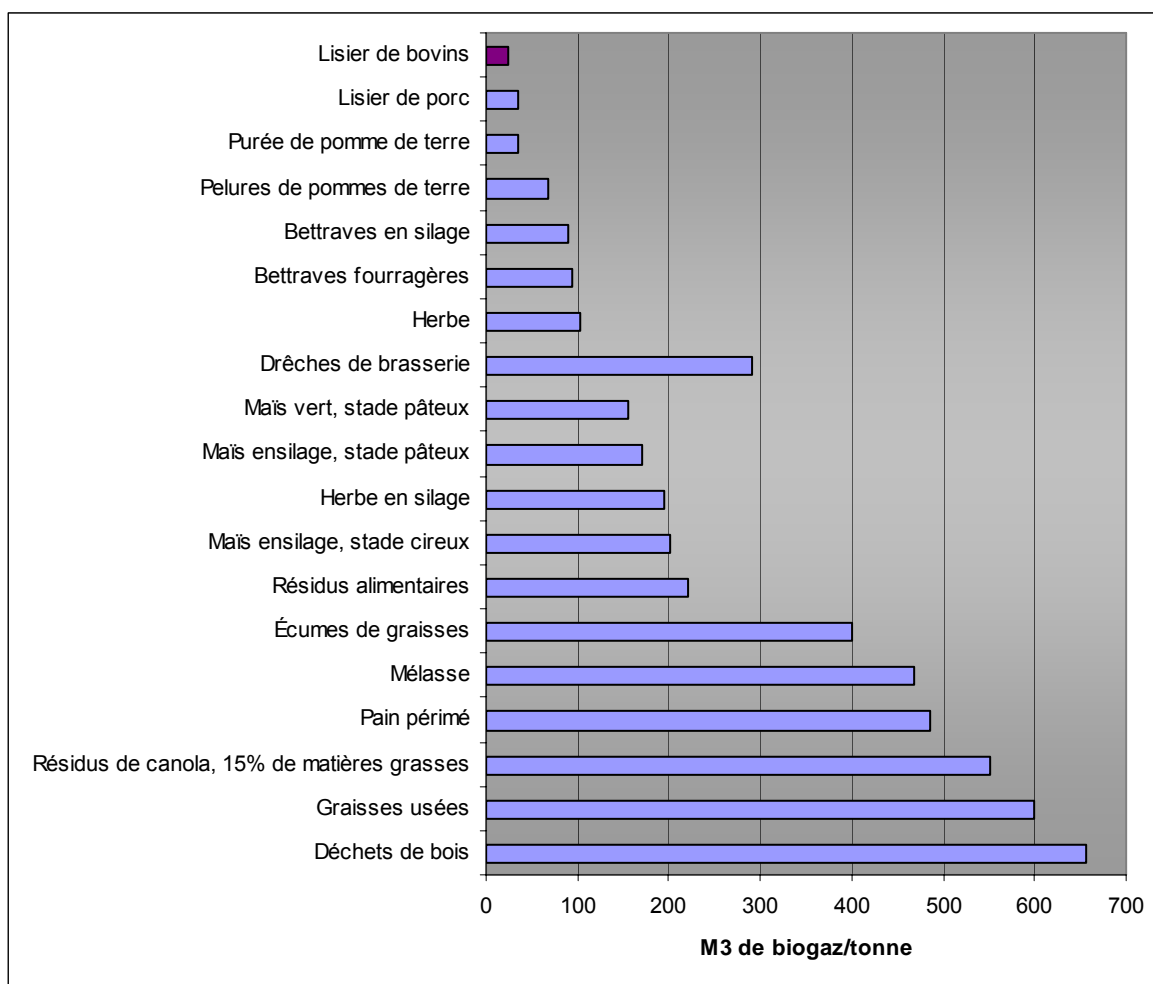
Il est également possible de retrouver de l'information sur le secteur ICI au niveau des centres locaux de développement (CLD), l'information retrouvée peut varier d'une région à l'autre. De plus, lors de l'élaboration des plans de gestion des matières résiduelles (PGMR), il était demandé d'établir un inventaire des matières provenant du secteur ICI. Il est donc possible de retrouver des données en consultant ces plans de gestion quoique, encore une fois, l'information varie d'une municipalité régionale de comté (MRC) à l'autre. Il peut donc s'avérer judicieux de faire appel à une firme spécialisée lorsque l'information recherchée n'est pas facilement accessible, ces dernières ayant souvent accès à des données privilégiées via leur expertise.

2.2 Caractéristiques des matières organiques

2.2.1 Qualité et caractéristiques physico-chimiques

La qualité des intrants joue un rôle tout aussi considérable que la quantité disponible. La qualité dépend du type de résidus organiques, du taux de contamination et de leur disponibilité dans le temps. Le type de résidu utilisé a un impact important sur la production de biogaz (voir figure 2.3).

Figure 2.3 Rendements potentiels en biogaz de certaines matières résiduelles comparativement aux lisiers de porcs et de bovins



Soure : DeBruyn (2008)

Résidus alimentaires provenant du secteur municipal

Dans le contexte de la codigestion, une caractéristique importante des résidus alimentaires provenant du secteur municipal est la présence de corps étrangers (contaminants inertes). Le taux de contamination et les types de contaminants ont une répercussion sur les étapes de séparation qui devront être faites en amont et en aval du procédé de biométhanisation. Ce taux dépend des

caractéristiques d'aménagement du territoire de la municipalité source, des modalités de collecte de son programme, de la sensibilisation du milieu et de la période de l'année. Les contaminants les plus fréquents retrouvés dans les résidus alimentaires provenant de la collecte à 3 voies sont les objets et fragments de plastique, de verre et de métal. Les matières organiques issues de collectes à 3 voies en vrac (ou sacs papiers) ont des taux de contaminations entre 2% et 10%. Dans le cas où la municipalité permet l'utilisation de sacs de plastique pour la collecte des matières organiques, ce taux peut aller jusqu'à 26% (Ville de Toronto) et l'enlèvement des sacs est toujours problématique. Finalement, dans le cas du tri-compostage (compostage de l'ensemble des ordures ménagères), le taux de contamination se situe entre 35 et 50%.

Une caractérisation physico-chimique typique des résidus alimentaires triés à la source (restes de table, donc résidus alimentaires variés) est présentée à l'annexe B.

Résidus verts provenant du secteur municipal

Les résidus verts (gazon coupé, les résidus d'élagage ainsi que les feuilles mortes) contiennent des branches de différentes tailles et des fibres ligneuses, ce qui n'est pas idéal au procédé de biométhanisation. Ces résidus ont des vitesses de décomposition plus lentes et peuvent perturber le processus de digestion. La présence de morceaux solides comme les branches peut aussi être problématique lorsque les intrants sont ajoutés au digesteur à l'aide de pompes. Aussi, ces résidus sont générés de façon ponctuelle selon la saison, ce qui est plus ou moins compatible avec les besoins d'apports constants de matière d'un digesteur anaérobie.

Boues municipales

Les boues municipales sont caractérisées par un taux de siccité variable selon le procédé de traitement des eaux usées soit de 1,5 à 50%, mais étant généralement autour de 20 à 30% (Hébert, 2003). Il existe deux catégories de boues, selon le type de station les produisant; d'une part les stations mécanisées et d'autre part les stations de type étangs aérés. Le tableau 2.2 compare certains paramètres agronomiques des boues provenant des deux types de stations.

La production de boues provenant des stations mécanisées est très stable dans le temps et est normalement exempte de corps étrangers. Étant donné que les boues provenant des stations de type étangs ne sont extraites des étangs qu'une fois tous les 5 à 15 ans, il n'est pas réaliste de les considérer comme intrants potentiels à un digesteur anaérobie.

Étant donné la nature de cette matière, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs exige un certificat d'autorisation pour toute activité de valorisation, ce qui complique un peu son utilisation, mais assure un excellent contrôle de qualité du produit.

Tableau 2.2 Comparaison des propriétés agronomiques des boues issues des deux principaux types de stations d'épuration des eaux usées municipales retrouvées au Québec pour la période 2000-2006.

	TYPE DE STATIONS				
	Mécanisées (n = 35)		Étangs (n = 68)		
	Moyenne	c.v. (%) ‡	Moyenne	c.v. (%) ‡	
Paramètres †					Valeur p €
Siccité (% b.h.)	21	52	5	43	< 0,0001
M.O. (% b.s.)	66	22	42	25	< 0,0001
C/N	9,0	52	9,8	22	0,05
N-NTK (% b.s.)	4,4	38	2,2	41	< 0,0001
N-NH ₄ /N-NTK	0,09	69	0,13	70	0,05
N/P ₂ O ₅	1,45	57	0,74	94	< 0,0001
P ₂ O ₅ (% b.s.)	3,9	53	4,5	61	0,40
K ₂ O (% b.s.)	0,3	68	0,2	74	0,06
Ca (% b.s.)	1,5	45	2,7	52	< 0,0001
Mg (% b.s.)	0,4	42	0,6	71	0,10
pH	7,0	16	7,1	6	0,03

† Moyennes exprimées sur base sèche (b.s.), sauf pour la siccité qui est sur base humide (b.h.). Les rapports C/N, N-NH₄/N-NTK et N/P₂O₅ représentent la moyenne de l'ensemble des rapports.

‡ c.v. (%) = écart-type / moyenne * 100

€ Valeur p selon le test de Wilcoxon-Mann-Withney (α = 0,05). Le test de Student a été utilisé pour la M.O (α = 0,05). Les valeurs p inférieures à 0,05 signifient qu'il y a une différence significative entre les boues de stations mécanisées et de type étangs pour un paramètre agronomique donné.

Source : Perron et Hébert (2007)

Matières organiques provenant du secteur ICI

Dans le secteur des ICI, les matières organiques sont surtout constituées de résidus alimentaires produits sous forme solide, pâteuse (semi-solide) ou liquide. Pour les ICI, les taux de contamination varient aussi beaucoup en fonction du milieu de production et du type de matières recueillies. Toutefois, il est généralement possible de réduire drastiquement la présence de ces contaminants avec de simples modifications aux habitudes des producteurs. Certaines matières ne contiennent pas ou peu de corps étrangers. Les résidus de plusieurs procédés de transformation agroalimentaire, boues et résidus d'abattoirs, les huiles et les graisses sont des matières organiques qui sont potentiellement valorisables et généralement libre de contaminants.

Les huiles et graisses sont généralement une matière de choix pour la codigestion étant donné la faible contamination, leur état liquide et le grand potentiel de méthanisation. Ces matières sont d'ailleurs habituellement disponibles de façon stable tout au long de l'année. De plus, le traitement de ces résidus est parfois problématique étant donné qu'ils ne sont pas admis dans les lieux d'enfouissement techniques.

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques de production et particularités des principales catégories de matières organiques produites dans les municipalités et par les commerces, industries et institutions.

Tableau 2.3 Caractéristiques des matières résiduelles organiques (secteur municipal et ICI)

	Résidus verts	Résidus alimentaires secteur résidentiel	Résidus organiques secteur ICI	Biosolides municipaux
Quantité	<ul style="list-style-type: none"> Très variable d'un secteur à l'autre selon les caractéristiques d'urbanisation, de 10 à 25 % des matières résiduelles 	<ul style="list-style-type: none"> Per capita varie peu en général, de 15 à 25 % 	<ul style="list-style-type: none"> Très variable d'un producteur à l'autre surtout pour l'industrie agroalimentaire et le commerce de gros Moins connue que dans le secteur résidentiel Semblable au secteur résidentiel dans les petits ICI 	<ul style="list-style-type: none"> En continu pour les stations mécanisées Différente d'une station ou d'une municipalité à l'autre Très variable pour les boues de fosses septiques
Distribution	<ul style="list-style-type: none"> Saisonnnière Pointes au printemps, à l'automne (feuilles) et en janvier (arbres de Noël) 	<ul style="list-style-type: none"> Relativement constante, légère diminution en hiver 	<ul style="list-style-type: none"> Très variable d'un producteur à l'autre surtout pour l'industrie agroalimentaire et le commerce de gros Semblable au secteur résidentiel dans les petits ICI 	<ul style="list-style-type: none"> Périodique pour les étangs Très variable pour les boues de fosses septiques
Qualité	<ul style="list-style-type: none"> Très bonne Peut contenir des matières indésirables 	<ul style="list-style-type: none"> Peut contenir des corps étrangers en proportion variable Putrescible et présence de pathogènes, d'où le potentiel de nuisances et l'importance d'un traitement approprié 	<ul style="list-style-type: none"> Proportion de corps étrangers très variable surtout dans les commerces et les institutions Putrescible et présence de pathogènes 	<ul style="list-style-type: none"> En général bonne, peut contenir des contaminants chimiques (métaux) Putrescible et présence de pathogènes Valeur fertilisante relativement plus élevée

Source : SOLINOV (2006). Guide sur la collecte et le compostage de RECYC-QUÉBEC.

Compatibilité de valorisation

Une autre caractéristique à considérer pour chacun des intrants est leur compatibilité avec chacune des techniques de valorisation actuellement disponibles. Le principal facteur déterminant de cette caractéristique est le coût relié à la valorisation.

Pour les résidus alimentaires et les résidus verts, le compostage est la technique de valorisation la plus compatible. Il est possible d'intégrer les résidus alimentaires à un digesteur anaérobie mais

celui-ci doit être équipé de moyens pour retirer les contaminants en amont. Des techniques de prétraitement ont été développées à l'échelle industrielle pour gérer cette problématique, mais des coûts importants y sont associés (ex. Toronto). Pour les boues, la technique la moins coûteuse de valorisation est l'épandage directement en agriculture, lorsque cela est possible. Vient ensuite la possibilité de les composter ou de les intégrer à un digesteur anaérobie, selon leur taux de siccité.

2.2.2 Modes de récupération

Il existe plusieurs modes de récupération ou d'élimination des matières résiduelles organiques.

Secteur municipal

Dans le secteur municipal ainsi qu'au niveau des petits commerces, la méthode privilégiée est appelée la collecte à 3 voies. Elle consiste à collecter de porte en porte les matières séparées à la source par les citoyens (la 3^{ième} voie). Les modalités de collecte peuvent être adaptées selon le contexte particulier de la région, des utilisateurs et des saisons. En intégrant la collecte à 3 voies, il est possible de recueillir de 50 jusqu'à 500 kg de matières résiduelles organiques par unité d'occupation desservie par année (résidus alimentaires et résidus verts combinés). Les diverses modalités de collecte ainsi que la qualité du plan de communication auprès des citoyens ont un impact sur le taux de contaminants.

Les principales variations des modalités de collecte :

- Résidus alimentaires et résidus verts ensemble ou séparément
 - Du point de vue de la digestion anaérobie, les résidus alimentaires présentent nettement plus d'intérêt, leur collecte séparée est donc avantageuse mais peu fréquente dans les municipalités qui privilégient une seule collecte pour l'ensemble des matières organiques ce qui est plus compatible avec une avenue de compostage.
- Résidus directement déposés en vrac dans le bac, utilisation de sacs de papier, sacs de plastique compostable certifiés ou de sacs de plastique en polyéthylène;
- Gestion des surplus saisonniers (pointes de gazon et de feuilles mortes);
- Fréquence de collecte des matières organiques;
- Type d'unités d'occupation desservies (qui influence le niveau de contamination).

Pour plus de détails sur les activités de collecte et transport des matières organiques d'origine résidentielle, consulter le *Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal* : Document technique de RECYC-QUÉBEC réalisé par SOLINOV (2006).

Boues

Les boues municipales sont produites en continu dans les stations d'épuration mécanisées; elles sont déshydratées (sous forme pâteuse ou solide, de 15 à 35 % de m.s.) et transportées par camions à benne basculante vers le lieu de traitement, de valorisation ou de disposition

(enfouissement) choisi. Pour les boues de fosses septiques et celles ayant un faible taux de siccité (1,5 à 5 %), les boues sont transportées vers des lieux de traitement à l'aide de camions-citernes.

Secteur des industries, des commerces et des institutions (ICI)

Dans le secteur ICI, la récupération des matières résiduelles est souvent gérée par l'établissement lui-même et est adaptée à ses besoins et sa situation particulière. Le service par conteneur est bien adapté aux ICI de moyenne et grande envergure. Aussi, dans le cas des graisses et autres résidus liquides (organiques ou non) le service de vidange par camion citerne s'avère souvent être bien adapté.

Les matières ainsi récupérées peuvent être enfouies ou valorisées. Certaines entreprises se sont d'ailleurs spécialisées dans ce créneau particulier. On retrouve entre autre, des entreprises spécialisées dans la collecte des huiles liquides, qui fabriquent des farines à partir de sous-produits alimentaires, qui utilisent des sous-produits animaliers et des graisses pour faire, entre autre, des moulées et des produits agricoles, du biodiesel et des cuirs.

3.0 Contexte entourant la codigestion

3.1 Aspects réglementaires

Implantation d'un digesteur anaérobie à la ferme

Pour un producteur agricole, l'installation d'un équipement de traitement de déjections animales nécessite l'obtention au préalable d'un certificat d'autorisation du MDDEP. Il existe des exclusions réglementaires, administratives et environnementales (activités jugées à faible risque) à l'obligation d'obtenir un certificat d'autorisation ou CA, lesquelles sont présentées en détail dans le *Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes* ou GVMRF (MDDEP, 2008a).

Dans le cas de l'installation d'un digesteur anaérobie à la ferme une demande de certificat d'autorisation est nécessaire qu'il s'agisse d'un équipement dédié au traitement de lisier seulement ou de codigestion de lisier et d'autres matières résiduelles exogènes à la ferme. Les exigences qui s'appliquent aux deux types d'applications sont semblables en ce qui concerne le type d'information à produire (ex : description du projet et du procédé de traitement, plan et devis, protocole de suivi et autres) pour obtention du CA.

Par contre, une autorisation de la CPTAQ peut s'avérer nécessaire si le projet de codigestion comprend des activités autres qu'agricoles. Une vérification auprès de la CPTAQ est alors nécessaire au cas par cas. De plus, les exigences de localisation diffèrent lorsqu'il s'agit d'un projet de codigestion de lisiers et de matières organiques exogènes à la ferme. En effet, les critères de localisation applicables à un lieu de traitement centralisé de type industriel seront utilisés plutôt que les distances séparatrices établies au niveau municipal comme c'est le cas pour un projet agricole de traitement de déjections animales.

Les exigences de localisation pour un projet industriel de digestion anaérobie sont présentement en élaboration par la Division de la gestion des matières résiduelles du MDDEP. Celles qui s'appliquent au compostage centralisé ont été redéfinies en 2008 et sont présentées dans les *Lignes directrices pour l'encadrement des activités de compostage*, (MDDEP, 2008b). Ces lignes directrices seront donc revues en 2009 ou 2010 pour y inclure des critères s'appliquant aux installations de biométhanisation (ou digestion anaérobie).

Telles que décrites dans les *Lignes directrices* (MDDEP, 2008b), les exigences de localisation pour la prévention des odeurs lors d'activités de compostage comprennent :

- Une distance minimale séparatrice de 500 ou de 1000 mètres de toute habitation, lieu public ou zone résidentielle/commerciale, selon la nature des intrants reçus et le niveau d'odeur leur étant associé, et selon qu'il s'agit d'infrastructures fermées avec captage et traitement de l'air ou d'une installation sur aire ouverte ;
- La réalisation d'une étude de dispersion atmosphérique démontrant le respect des seuils d'odeurs applicables, fixés par le Ministère, pour la localisation des installations.

Ainsi, il n'est pas possible d'établir de façon générale si la réception de co-substrats provenant de l'extérieur de la ferme est défavorisée sur le plan réglementaire au Québec. Il est possible, au cas par cas, qu'un projet de codigestion soit plus complexe ou implique des délais supplémentaires si une autorisation de la CPTAQ devenait nécessaire ou si des contraintes de localisation (étude d'odeur et distances séparatrices) s'ajoutaient par rapport à un projet de traitement de lisier seulement.

3.2 Aspects économiques et de financement

Généralement, la méthanisation se développe davantage dans les pays qui ont une politique énergétique favorable au biogaz et aux sources énergétiques renouvelables. Certains pays européens se sont dotés d'une politique d'achat de l'énergie renouvelable (de source autre que combustible fossile) à un prix fixe et légèrement supérieur au prix du marché local et facilitent le raccordement au réseau de distribution électrique, ce qui est un contexte différent de la réalité québécoise.

Les contextes suivants favorisent généralement le développement de la codigestion anaérobie :

- Région où l'énergie produite (principalement de l'électricité) est générée par une source de combustible fossile (émission de GES)
- Région où des résidus organiques, principalement sous forme liquide ou pâteuse, sont disponibles (lisiers porcins et autres)
- Région où le prix de l'énergie est relativement élevé
- Possibilité d'utiliser l'énergie à proximité du site et en temps réel (chaleur et biogaz)

Les paramètres les plus sensibles pour le calcul de la rentabilité d'un projet de codigestion sont, par ordre décroissant d'importance :

- Le prix de vente du biogaz/électricité produit
- Les coûts d'opération (incluant les coûts de construction)
- Les frais de gestion des matières résiduelles

Il est possible, afin de générer des économies d'échelle, de regrouper quelques fermes en un projet commun ou centralisé de digestion anaérobie. Ceci sera facilité lorsque qu'il y a présence d'un contexte solidaire et favorable à la collaboration en plus d'intérêts économiques. Pour les applications de digestion anaérobie de lisiers conjointement avec des matières provenant de l'extérieur de la ferme, la centralisation est souvent désavantagée dû aux coûts de transport qui augmentent rapidement avec la distance séparant les lieux de production. Ainsi les approches centralisées sont surtout adaptées aux contextes industriels et municipaux qui regroupent des matières résiduelles qui sont de toute façon transportées depuis leur lieu de production vers des lieux de traitement et de valorisation.

Incidatifs financiers au Québec pour la digestion anaérobie à la ferme

Les incitatifs disponibles pour un projet de digestion à la ferme qui répond à une problématique de gestion des surplus de déjections animales à la ferme sont¹ :

- Le programme Prime-Vert, technologie de gestion des surplus, offre une aide pouvant atteindre 70% des sommes investies (maximum 300 000\$);
- Un crédit d'impôt de Revenu-Québec pour le traitement du lisier de porcs, jusqu'à 30% des frais admissibles engagés pour la mise en place d'installations de traitement du lisier de porcs, jusqu'à 200 000\$ par exploitation, par année d'imposition (non exhaustif).

Au niveau de l'électricité produite, Hydro-Québec permet aux entreprises de faire de l'autoproduction de type mesurage net « net metering », mais seulement jusqu'à un maximum de 50 kW. L'entreprise a ensuite 24 mois pour utiliser les kWh injectés dans le réseau, les kWh non utilisés après cette période sont perdus. Au niveau fédéral, le programme Éco-énergie offre un incitatif d'un cent du kWh pour les énergies renouvelables produites (minimum 1 MW).

Il n'existe pas au Québec d'équivalent au programme incitatif SOC ontarien pour « l'énergie verte » produite, la valeur du kWh étant établie sur la base du prix du marché. En Ontario, le SOC *Standard Offer Contract* garantit un prix autour de 0,10 à 0,20\$/kWh aux sources productrices d'électricité renouvelables depuis mars 2006. L'ajout de subventions supportant le développement durable ou la recherche contribue aussi à générer une perspective de rentabilité.

Autres incitatifs économiques

En plus de la génération d'énergie (biogaz et chaleur), une source de revenu additionnelle provient des matières résiduelles extérieures à la ferme. Les résidus organiques séparés à la source d'origine résidentielle, commerciale ou industrielle sont détournés de l'élimination, principalement l'enfouissement au Québec, aux fins de valorisation. La principale avenue de valorisation a été jusqu'à présent le compostage.

Le revenu potentiel pour la réception de ces résidus organiques à la ferme doit donc être situé par rapport aux tarifs en vigueur pour l'enfouissement et le compostage. Le prix pour l'enfouissement des matières résiduelles au Québec varie d'une région à l'autre et est en moyenne de l'ordre de 50 à 70\$/tonne près des centres urbains (notamment dans la grande région métropolitaine de Montréal) et de 89 à 110\$/tonne en région où les lieux d'enfouissement sont de plus petite capacité. Une redevance à l'élimination qui s'applique par réglementation au Québec depuis 2006 augmente les coûts de l'enfouissement d'environ 10,67\$ la tonne en 2009. La redevance est un incitatif à la valorisation et encourage le développement de filières de valorisation telles le compostage et la digestion anaérobie. Il est prévu qu'elle augmentera au cours des prochaines années tel que demandé par plusieurs intervenants du milieu souhaitant davantage d'incitatif à la mise en valeur. Éventuellement, la vente de crédit de CO₂ à la bourse du carbone pourrait fournir une source de financement pour les alternatives de valorisation (détournement de l'élimination).

¹ Les incitatifs liés aux gaz à effet de serre sont discutés dans le rapport final.

Pour les résidus organiques issus de collectes sélectives, les tarifs de compostage se situent en général entre 40\$ et 80\$ la tonne et le prix varie selon la nature des matières organiques. Il est donc en général du même ordre de grandeur que celui de l'enfouissement pour les matières résiduelles solides. Les matières les plus propices au compostage et les moins contaminées (corps étrangers surtout) sont généralement acceptées à moindre coût alors que les plus odorantes, humides ou contaminées sont plus coûteuses à traiter.

Il faut noter cependant que l'industrie du compostage est en voie de restructuration au Québec. Jusqu'à présent effectué sur plateforme ouverte, le compostage pourrait se développer davantage par l'aménagement d'infrastructures semi-fermées ou fermées dans le futur. De nouvelles installations seront assurément mises en place au cours des prochaines années avec la mise en place progressive des collectes sélectives dans les municipalités et les entreprises du secteur ICI, lesquelles sont encore peu développées au Québec. Les tarifs de réception pourraient donc augmenter d'autant plus que ces résidus organiques contiennent des corps étrangers (objets et fragments de plastique, verre, métal surtout) qui en augmentent le coût de traitement.

Par ailleurs, le gouvernement du Québec a annoncé le 16 novembre 2009 qu'un programme d'aide au financement d'immobilisations liées à la production de bioénergie était disponible. Il s'applique particulièrement dans le cas de digesteurs anaérobies de matières résiduelles d'origine municipale. Il est trop tôt pour établir si ce programme suscitera un développement important d'initiatives municipales de digestion anaérobie et si cela créera une menace ou une opportunité pour la filière agricole de codigestion. Ce programme limite cependant l'apport de lisiers dans les biométhanisateurs financés à seulement 10% du volume total des intrants. Il est possible d'anticiper que les grandes agglomérations urbaines pourraient davantage s'intéresser à des projets de digestion anaérobie de grande envergure alors que dans les concentrations urbaines moins grandes et les régions, les filières de collaboration avec le secteur agricole pourraient présenter plus d'intérêt. De façon générique, plusieurs options de valorisation des sous-produits provenant de ces projets sont envisageables. La partie liquide du digestat peut être séparée et traitée à une station municipale de traitement des eaux usées. La partie solide peut être valorisée en agriculture ou compostée pour usages notamment en aménagement d'espaces verts. Une valorisation directement en agriculture du digestat peut aussi être effectuée là où le territoire le permettrait.

Mode de gestion des matières résiduelles dans les municipalités et les entreprises ICI

Au niveau municipal, la gestion des matières résiduelles est généralement octroyée par contrats de type clé en main de longue durée. Les municipalités procèdent par appel d'offres et peuvent agencer la collecte, le transport, la gestion de l'ensemble des matières ainsi que la sensibilisation du public à un seul entrepreneur ou à plusieurs entités. Les termes de négociation de ces contrats peuvent inclure par exemple des formules d'indexation tenant compte des variations annuelles du nombre d'habitants de la région, du prix du carburant, des distances parcourues, etc.

Les mêmes types de contrats incluant des ententes à long terme peuvent aussi se retrouver au niveau des ICI, cependant l'industrie privée peut aussi parfois s'adapter plus rapidement aux changements. Des ententes à long terme, surtout au niveau d'un seul producteur, peuvent rendre

les agriculteurs plus vulnérables et dépendants face à ces entrepreneurs. Des clauses permettant l'apport d'autres matières en cas de réduction des arrivages peuvent diminuer le risque de perte de production de biogaz afin de garantir un revenu stable aux agriculteurs.

3.3 Choix des co-substrats

La possibilité d'incorporer un ou des co-substrats à un digesteur anaérobie à la ferme est fonction de plusieurs paramètres. On peut regrouper ces paramètres en deux catégories : les paramètres physico-chimiques et les paramètres technico-économiques. Les principaux éléments physico-chimiques influençant cette avenue sont le potentiel de méthanisation de la matière et sa biodégradabilité. Les paramètres technico-économiques incluent le prétraitement (nécessaire ou non), la disponibilité temporelle de la matière, la distance séparatrice entre le lieu de génération et le lieu de traitement en fonction du potentiel de méthanisation du volume transporté. Finalement la compétition qui existe parfois sur le marché pour d'autres voies de valorisation à moindre coût peut réduire, voire éliminer le potentiel d'un résidu. Ce dernier paramètre sera influencé dans le temps par l'évolution du marché. Le tableau 3.1 résume, lorsque l'information est disponible, le potentiel relatif de ces paramètres pour certaines matières résiduelles organiques.

Les résidus alimentaires provenant du secteur municipal sont disponibles pour la valorisation soit par compostage, soit par digestion ou codigestion et permettent la collecte de frais de service comparables à ceux de l'enfouissement. Dépendamment du contexte local, l'une ou plusieurs des filières de traitement sera à favoriser. Comme l'arrivage et la composition de ces matières fluctuent durant l'année, un entreposage minimum est nécessaire afin de pouvoir fournir le digesteur de manière constante. Bien qu'ils offrent un bon potentiel méthanogène, la présence de contaminants dans cette ressource est une contrainte. Elle varie de très peu à beaucoup, et dépend de plusieurs facteurs dont la communication avec les résidents et les modalités de la collecte réalisée. Ces contaminants exigent des étapes de séparation, mécaniques et/ou manuelles, avant le traitement de la matière organique, ce qui en augmente le coût.

Les matières organiques issues des secteurs industriel, commercial et institutionnel ne peuvent être caractérisées de manière générale étant donné leur grande diversité. Les résidus organiques les plus intéressants sont ceux ayant à la fois un fort potentiel en biométhanisation, un faible taux de contamination et une production régulière dans le temps. L'acheminement de ces matières vers la ferme nécessitera une entente au cas par cas, selon le lieu de production et le type de matière, les besoins en entreposage et la présence de contaminants.

Les matières les plus intéressantes pour la codigestion comprennent les huiles et graisses usées, les résidus d'abattoirs et certains résidus agroalimentaires. Ceux-ci ne contiennent habituellement pas de corps étrangers, ont une composition homogène et une production relativement stable dans l'année de même qu'une teneur élevée en matière organique biodégradable, donc un bon potentiel de rendement de méthanisation. Par ailleurs, lorsqu'ils sont très odorants, fermentescibles et humides, les résidus commerciaux et industriels sont peu aptes ou très coûteux à gérer par compostage, ce qui crée un contexte favorable à leur digestion anaérobie. Un exemple de codigestion d'huiles et graisses avec des fumiers bovins est présenté brièvement à la section 4.0.

Tableau 3.1 Principaux facteurs influençant l'intérêt pour la codigestion de certains résidus organiques

Type de résidus	Matières solides (% m.s.)	Potentiel de biogaz (1) (m³/t de SV)	Biodégradabilité (DCO, DBO)	Prétraitement requis	Disponibilité (temps)	Transport possible (2)	Compétition
Matières résiduelles organiques triées à la source (résidences, petits commerces et institutions)							
Résidus alimentaires (restes de table)	15 à 40%	185	Bonne	Important	Peu de fluctuations	Longue distance, jusqu'à 100 km environ	Compostage
Résidus verts (herbes et feuilles)	20 à 60%	n.d.	Faible	Important	Production saisonnière	Longue distance, jusqu'à 100 km	Compostage
Résidus d'industries agroalimentaires, commerces de distribution et cuisines commerciales (restauration)							
Boulangerie	n.d.	830	Bonne	Aucun	Peu de fluctuations	Longue distance	Alimentation animale
Produits laitiers	6,5%	477	Bonne	Aucun	Constant	Courte distance	n.d.
Fruits (pulpe)	63%	351	Bonne	Mineur	Production saisonnière	Courte à longue	DA industrielle, compostage épandage
Légumes	10 à 45%	642	Bonne	Mineur	Production saisonnière	Courte à longue	
Pelures de pommes de terre	19%	68	Moyenne	Aucun ou mineur (ex : broyage)	Peu de fluctuations	Moyenne distance	Alimentation animale
Viscères (viande)	17%	350	Bonne	Mineur (ex : hygiénisation)	Peu de fluctuations	n.d.	
Résidus de gras (coupe de viande)	36%-57%	830-1000	Bonne	n.d.	Peu de fluctuations	n.d.	n.d.
Écumes et boues-traitement d'eaux usées (volaille, porc)	5 à 12%	350 à 780	Bonne	Aucun à mineur (mélange)	Peu de fluctuations	Courte distance	n.d. Difficultés de disposition
Graisses de friture (restauration rapide)	50%	538	Bonne	Mineur (ex : mélange)	Peu de fluctuations	100 km ou jusqu'à 300 km si concentré	Biodiesel (100%)
Graisse de cuisson (restauration autres)	50%	538	Bonne	Mineur (ex : mélange)	Peu de fluctuations	100 km ou jusqu'à 300 km si concentré	Aucune, difficultés de disposition
Boissons alcoolisées	17%	570	Bonne	Aucun	Constant	Longue distance	Alimentation animale
Biosolides de traitement d'eaux usées municipales et d'industries de pâtes et papiers							
Boues municipales biologiques	15 à 22%	n.d.	Bonne	Aucun	Constant	Courte à longue	Compostage, épandage
Boues secondaires de pâtes et papiers	20 à 25%	n.d.	Bonne	Aucun	Constant	Courte à longue	Épandage, compostage

(1) Le potentiel de production de biogaz (65% de méthane) est estimé sur une base sèche, en supposant 80% des solides volatiles.

(2) Données indicatives pour le marché de l'Ontario, selon les expériences de codigestion réalisées et en fonction des perspectives de rentabilité existantes dans cette province.

Source: Geomatrix, 2008; AD Nett, 2005; données internes Solinov

Les résidus organiques du secteur institutionnel et des petits commerces seront issus de cafétérias et autres cuisines commerciales. Ceux-ci, comme les résidus alimentaires municipaux, se prêtent au compostage, à la digestion, ou même à la codigestion, selon le contexte. C'est dans cette catégorie que la présence de contaminants peut devenir problématique. Avec de bons outils de communication tels des formations, des panneaux explicatifs et des rappels fréquents, il est toutefois possible de minimiser le taux de contamination, surtout à petite échelle.

Les boues provenant des stations mécanisées offrent un potentiel intéressant étant donné leur déshydratation partielle ainsi que la constance de leur production. Il faut cependant s'assurer qu'il reste suffisamment de matière organique afin de maximiser la génération de biogaz. Il est possible d'ajuster le procédé de traitement à la station afin d'optimiser la digestion des boues. Les boues de papeteries étant déjà facilement gérées par épandage direct au sol à peu de frais, leur valorisation par la codigestion anaérobie ne serait pas économiquement avantageuse.

Prétraitement des intrants

Lorsque l'on envisage la codigestion, le traitement des intrants est l'un des aspects les plus importants à considérer. Des étapes mineures de broyage et de mélange des matières ou majeures comme l'enlèvement des contaminants peuvent être requises. L'arrivage des intrants doit être connu et planifié, une aire de réception et d'entreposage doit être construite. Des systèmes de gestion et de confinement des odeurs à cette étape du procédé doivent faire partie intégrante de la conception du site, en fonction des exigences réglementaires applicables.

Des étapes supplémentaires d'enlèvement des contaminants peuvent aussi s'avérer essentielles selon le type d'intrants (voir la section 2.2, caractéristiques des matières organiques). Selon le type de contaminants (métal, bois, plastique...), un ou des systèmes d'enlèvement mécanisés peuvent être utilisés en amont et aussi parfois en aval du procédé. Ces systèmes peuvent ajouter des coûts d'investissement importants lors de l'implantation et aussi lors de l'opération du digesteur. Dans cette perspective, l'utilisation de certains intrants libres de contaminants provenant des ICI, et de l'industrie agroalimentaire en particulier, peut s'avérer avantageuse.

De plus, une variation au niveau de la composition physico-chimique des intrants dans le temps nécessitera des ajustements réguliers des recettes et des paramètres de digestion. Étant donné la stabilité de la production des lisiers, il est souhaitable de privilégier des résidus ayant des caractéristiques constantes dans le temps.

3.3.1 Disponibilité des matières et compétition avec les autres filières de valorisation

La disponibilité des résidus organiques qui présentent le plus d'intérêt pour la codigestion à la ferme est un paramètre déterminant de la faisabilité de cette avenue. Plusieurs facteurs influencent l'accès à ces résidus :

- La demande qui s'exerce par d'autres industries et filières de traitement et de valorisation pour l'accès à ces résidus;
- Le coût de traitement exigé par ces filières concurrentes;
- Le contexte de marché pour l'énergie et les autres produits issus de ces résidus organiques et les tendances tenant compte des technologies émergentes;
- La localisation des lieux de production et de traitement et les coûts de transport;

Une analyse exhaustive de ces divers facteurs dépasse le cadre du présent mandat. Toutefois, le tableau 3.2 donne un aperçu de la compétition qui s'exerce par d'autres filières de valorisation des matières résiduelles organiques en général (séparées à la source et provenant des municipalités et des ICI). Le tableau 3.2 fait ressortir que les résidus organiques qui présentent le plus d'intérêt pour la codigestion à la ferme avec des lisiers sont les résidus liquides ou pâteux (semi-liquides) provenant de l'industrie de transformation agroalimentaire. Ces résidus sont également convoités par l'industrie d'équarrissage qui produit des aliments pour animaux et les usines de fabrication de biodiésel (ou autres biocarburants). Certains biosolides municipaux et industriels sont compatibles avec la codigestion, mais le sont également avec d'autres filières de valorisation par épandage direct en agriculture et par compostage.

La filière de production de biodiésel est probablement la plus menaçante pour les résidus riches en huiles et graisses de bonne qualité à cause de l'efficacité de conversion énergétique supérieure de cette technologie comparativement à la digestion anaérobie (Geomatrix, 2008). Par contre, les résidus de moindre valeur énergétique contenant davantage d'eau, d'autres résidus alimentaires et possiblement des corps étrangers peuvent être plus aptes à la digestion anaérobie et de ce fait plus accessibles. Au Québec, les filières énergétiques de traitement des résidus organiques ne sont pas encore répandues ni très développées. Cependant, avec le soutien financier à la production de bioénergie annoncé par le gouvernement québécois dans son budget 2009-2010 des changements sont à prévoir.

La compétition exercée par les avenues de compostage est particulièrement importante pour ce qui est des résidus organiques hétérogènes et solides provenant de collectes sélectives municipales ou commerciales. En effet, le coût de traitement de ces matières est habituellement plus faible par compostage et ces résidus contiennent des corps étrangers qu'il faut retirer préalablement à la digestion liquide, à cause des dommages (bri et usure prématurée) qui peuvent être causés sur l'ensemble des équipements (pompes, etc.).

Tableau 3.2 Principales caractéristiques des matières organiques d'origines municipale et ICI favorisant diverses filières de valorisation

Filière de valorisation et coût	Caractéristiques habituellement favorables	Matières organiques les plus compatibles
Digestion anaérobie ⁽¹⁾ (procédés humides pour codigestion avec liquides) Coût de traitement peu connu, en Ontario, plus de 50\$/tonne (avant frais de transport)	<ul style="list-style-type: none"> • substrats fermentescibles à biodégradabilité élevée (DCO élevé) riches en lipides ou protéines, d'où un potentiel méthanogène important • substrats humides ($\leq 25\%$ m.s.), de faible granulométrie (pâteux ou liquide), le plus souvent fortement odorants d'où la compatibilité avec le traitement aqueux et une perspective de revenu intéressante • présence de corps étrangers faible ou nulle minimisant le niveau de prétraitement requis (coût) • homogénéité, faible variabilité de quantité et de qualité, constance d'approvisionnement 	<ul style="list-style-type: none"> • résidus agroalimentaires liquides/pâteux, riches en gras d'origine animale (résidus d'huiles et graisses, résidus d'abattoirs et de transformation de produits laitiers) • boues (biosolides) issues du traitement d'eaux usées municipales et d'industries de transformation agroalimentaire • résidus alimentaires séparés à la source, broyés et prétraités (tri des corps étrangers) • végétaux herbacés contenant peu de corps étrangers et peu ligneux (gazon coupé)
Compostage 40\$ à 80\$/tonne selon les intrants pour traitement sur aire ouverte et plus de 80\$/t pour les sites fermés (avant frais de transport)	<ul style="list-style-type: none"> • substrats solides hétérogènes à structure et porosité élevée, humidité faible ($\geq 30\%$ m.s.), biodégradabilité moyenne (C/N optimum de 30/1) • substrats fermentescibles et humides compatibles selon la disponibilité de matières absorbantes et structurantes permettant l'obtention d'un mélange approprié aux caractéristiques plus favorables • odeur à minimiser, surtout sur aire ouverte • tolérance à la présence de corps étrangers, mais niveau de traitement accru et coûts plus élevés 	<ul style="list-style-type: none"> • résidus verts issus de l'aménagement et de l'entretien d'espaces verts résidentiels ou commerciaux (feuilles, branches, herbes coupées) et résidus forestiers (biomasse en demande pour combustion et éthanol) • résidus alimentaires solides, hétérogènes issus de collectes sélectives, récupérés par bacs roulants ou conteneurs • biosolides déshydratés ($\geq 25\%$ m.s.) de stations municipales ou industrielles mécanisées ou de type étangs
Épandage direct au sol 5\$ à 35\$/tonne selon les intrants et le contexte de valorisation (avant frais de transport)	<ul style="list-style-type: none"> • substrats à valeur fertilisante élevée (N, P) et faible C/N, biodégradable, solides ou pâteux, pouvant être temporairement stockés en amas au sol selon les exigences du GVMRF (MDDEP, 2008) • odeur à minimiser selon le contexte de localisation • proximité des producteurs et des sites d'épandage 	<ul style="list-style-type: none"> • biosolides déshydratés ($\geq 25\%$ m.s.) de stations municipales ou industrielles mécanisées ou de type étangs • digestats solides ou liquides (préalablement stockés)
Autres filières de valorisation Fabrication de biodiésel et Industrie d'équarrissage (produit d'alimentation animale et autres)	<ul style="list-style-type: none"> • caractéristiques se rapprochant de celles requises pour la digestion anaérobie, matières libres de contaminants, et avec spécificités recherchées pour chaque filière 	<ul style="list-style-type: none"> • résidus agroalimentaires solides ou liquides, riches en hydrates de carbone (sucres), lipides ou protéines selon le cas

(1) Applicable seulement aux applications de codigestion à la ferme avec des lisiers; des applications industrielles de digestion anaérobie (procédés humides ou secs, souvent $> 10\,000$ t/an) pour des matières organiques résiduelles (ex : Toronto), mais encore aucune expérience québécoise. Les procédés de digestion sont alors précédés d'une étape de prétraitement pour l'enlèvement de corps étrangers, et suivi d'un compostage pour affinage et mise en marché du digestat en compost.

De plus, la filière digestion anaérobie est également susceptible de se développer tant dans les municipalités que dans le secteur des industries agroalimentaires. Certains producteurs évaluent en effet qu'un équipement de traitement sur place (le lieu de production) représente une économie sur les frais de disposition conventionnels, principalement par enfouissement. Ils évitent ainsi les frais d'enfouissement qui, dans le cas des ICI, peuvent varier de 50 à 150\$/tonne selon la région et bénéficient de l'énergie produite sous forme de biogaz. Cet investissement peut donc s'avérer rentable dans certains cas particuliers, malgré les frais reliés au traitement du digestat. Ce dernier peut être enfoui ou valorisé, selon le cas. Au Québec, il existe quelques applications de digestion anaérobie de type industriel (boues d'épuration municipales – ex : Gatineau, Repentigny, Châteauguay, et résidus d'industries de transformation alimentaire – ex : Lassonde, Aliments Carrière).

Bien que ces applications soient limitées, l'annonce faite par le gouvernement du Québec sur son programme d'aide au financement d'immobilisations liées à la biométhanisation stimulera le développement de cette technologie au cours des prochaines années. Tel que mentionné précédemment, le gouvernement a instauré un programme qui aidera principalement les municipalités à implanter des digesteurs anaérobies dont la production de biogaz sera utilisée comme substitut au combustible ou au carburant fossile. Ce programme, destiné aux municipalités, pourrait stimuler le développement d'usines de traitement par digestion anaérobie (procédés liquides ou secs) et/ou par compostage de ce type de résidus, notamment dans les grands centres urbains (déjà prévu aux plans de gestion des matières résiduelles des agglomérations de Montréal et de Québec).

L'annonce de l'aide gouvernementale encourage les municipalités à inclure, dans leur projet, le traitement de résidus du secteur ICI (commerces, industries situés sur leur territoire par exemple), créant ainsi un contexte compétitif pour les producteurs agricoles désirant également investir dans des équipements de codigestion basés sur la réception de ces matières organiques dans une perspective de rentabilisation de leurs infrastructures. Ce soutien financier s'applique aussi aux boues de station d'épuration municipales, limitant possiblement l'accès à ces résidus dans certaines régions urbaines.

Finalement, la distance de transport et la localisation des différents producteurs et lieux de traitement pourraient être des facteurs importants. Or, sur ce point, il y a très peu d'information disponible et facilement accessible au Québec pour évaluer le potentiel dans une région donnée du Québec. Une étude plus générique serait certainement utile à l'échelle de la province. Cependant, une étude au cas par cas sera de toute façon nécessaire pour les projets qui ont déjà identifié a priori une avenue possiblement rentable pour l'utilisation du biogaz issu de la codigestion.

Autres paramètres à considérer dans le choix des co-substrats

Problématique des surplus de phosphore

Dans un contexte local de surplus de phosphore, un producteur agricole intéressé par la codigestion doit prendre en compte cette problématique lors du choix des co-substrats. En effet, dans le secteur

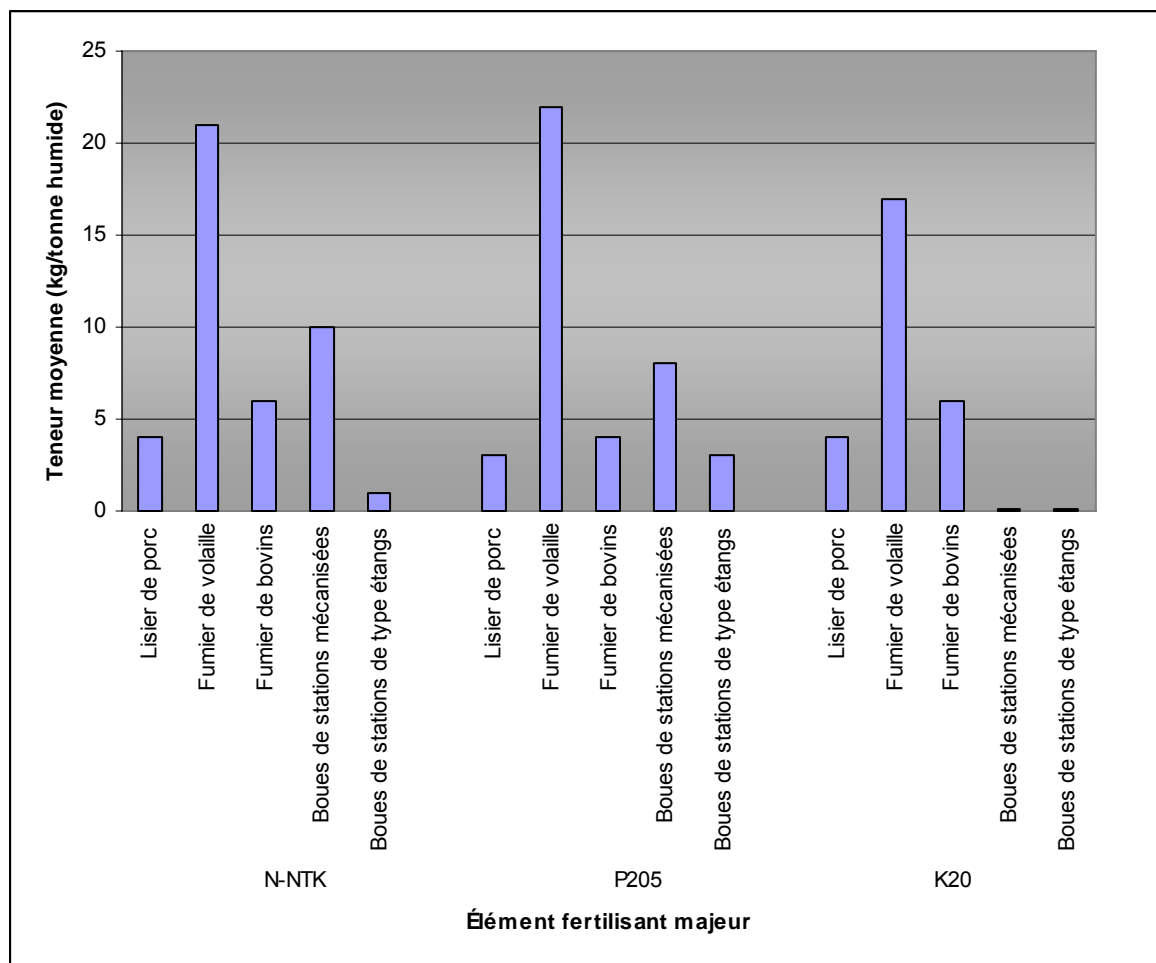
municipal et ICI, les co-substrats disponibles diffèrent considérablement du point de vue de leur teneur en phosphore. La réception de matières organiques provenant de l'extérieur de la ferme contribue à augmenter la quantité totale de phosphore à gérer, mais elle peut être limitée par une sélection de co-substrats contenant très peu de phosphore. Au contraire, dans une application de codigestion qui implique une déshydratation de la fraction solide avec affinage du digestat (ex : post-compostage) aux fins d'utilisation autre qu'à la ferme (activité non agricole), la présence de phosphore peut être avantageuse puisqu'elle augmente la valeur fertilisante et possiblement les perspectives de revenu pour le produit.

À titre indicatif, la teneur en phosphore des principaux types de matières résiduelles organiques disponibles dans le secteur municipal et ICI est :

- Résidus alimentaires (restes de table) : environ 0,5% de phosphore total (Pt);
- Résidus verts : généralement moins de 0,2 % de Pt;
- Huiles et graisses : peut être similaire au lisier ou moins élevé;
- Boues de stations d'épuration (municipales et papetières) : varie beaucoup selon le type de procédé d'épuration et le type d'eaux usées, de 0,5 à plus de 5% de Pt.

La figure suivante compare les teneurs moyennes en phosphore des lisiers et fumiers avec celles des boues municipales provenant de stations mécanisées (plus jeunes) et de station de type étangs.

Figure 3.1 Comparaison des teneurs en éléments fertilisants des lisiers, fumiers et boues



Source : Perron, V. et Hébert, M. (2007)

3.3.2 Opportunités et contraintes liées à la codigestion

La codigestion de résidus organiques exogènes à la ferme avec des lisiers porcins nécessite une bonne planification et une conception sur mesure afin d'assurer sa viabilité. Cette avenue présente certes des opportunités, mais également des contraintes qui sont à examiner en détails. Elle n'est pas nécessairement avantageuse pour les producteurs.

Plusieurs exemples à travers le monde ont démontré la difficulté pour un projet de la sorte d'être viable économiquement. Il va de soi qu'avant de considérer la codigestion, la faisabilité de la digestion aura été évaluée. Dans le contexte québécois, les particularités entourant l'hydro-électricité ajoutent des contraintes économiques spécifiques à la valorisation du biogaz.

Ces opportunités et contraintes sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 3.3 Résumé des opportunités et contraintes pour un projet de codigestion à la ferme

Codigestion à la ferme de résidus organiques et de lisiers	
Opportunités	Contraintes
<ul style="list-style-type: none"> • Revenu supplémentaire provenant de la réception des intrants et augmentation de la production en méthane et donc des revenus associés au biogaz • La codigestion offre une nouvelle alternative de valorisation de certains résidus qui présentent des difficultés pour les filières compétitrices, notamment pour les huiles et graisses alimentaires à valeur énergétique élevée contenant peu de contaminants • Cas où la ferme est située à proximité d'un consommateur d'énergie et/ou d'un producteur de résidus : abattoirs, serres, industrie (ex : pâtes et papier, métallurgie) possibilité d'alliance stratégique de codigestion et d'utilisation du biogaz (voire même du digestat composté). • Diversification des expertises de la ferme et possibilité d'accès à d'autres marchés pour le phosphore, dans le cas d'un procédé complet avec affinage des produits • Pour les communautés rurales et semi urbaines en particulier, contribution à la mise en place de filières de valorisation des résidus municipaux et ICI absentes dans plusieurs régions du Québec • Possibilité de subventions accessibles tant au secteur agricole qu'aux autres partenaires (à valider, notamment pour le soutien annoncé par le gouvernement pour les municipalités). • Diminution du recours aux cultures énergétiques (si c'est l'alternative de co-substrats) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour certains co-substrats, faible compatibilité en termes de prétraitement requis (investissement supplémentaire à la réception, à l'entreposage et à la préparation des intrants, surtout au niveau de la séparation des contaminants) • Constance d'approvisionnement et accessibilité faible dans certains cas (répartition territoriale et transport, disponibilité dans le temps, ententes de gestion par contrats à long terme, variabilité des quantités et des caractéristiques physiques et chimiques des matières, potentiel de toxicité) • Nécessite un suivi plus complexe, s'il y a variabilité de la qualité, pour l'ajustement des recettes selon des caractéristiques des intrants. • La compétitivité avec d'autres filières de valorisation, qui est appelée à changer avec la venue de technologies émergentes, et le faible niveau de revenu possible pour certains résidus • Possiblement plus complexe au niveau des autorisations à obtenir, notamment pour les projets qui ne sont plus considérés comme une activité agricole et ceux assujettis à des contraintes de localisation et de suivi additionnels • Crée une dépendance face aux fournisseurs d'intrants extérieurs, laquelle peut être contraignante lorsque le contexte de marché réduit les quantités disponibles ou en modifie la composition (secteur industriel notamment). • Perspectives faibles d'augmenter la rentabilité d'un projet de digestion anaérobie (biogaz) • Dans le cas d'une problématique de phosphore, augmentation de la quantité phosphore à gérer

4.0 Expérience hors Québec de codigestion

4.1 Cas de l'Ontario

Le développement de la filière de digestion anaérobie à la ferme, avec l'ajout de matières provenant de l'extérieur, est plus avancé en Ontario qu'au Québec. En 2007, le gouvernement ontarien a modifié le règlement 267/03 afin d'encourager les éleveurs de bétails à traiter leur lisier avec un procédé de digestion anaérobie. Ces modifications ont apporté des clarifications sur les matières qui peuvent être acceptées ainsi que sur l'entreposage et le traitement de ces matières.

Ces modifications ont préparé le terrain en annonçant la facilitation de l'obtention des certificats d'autorisation nécessaires, qui auparavant devaient être obtenus pour la réception, l'épandage du digestat ainsi que pour le transport de ces matières hors ferme, peu importe le type. Il sera donc plus facile de disposer des matières organiques résiduelles respectant certains critères environnementaux. Le certificat d'autorisation nécessaire à l'heure actuelle pour traiter des matières provenant de l'extérieur de la ferme n'est pas nécessaire si l'on reçoit moins de 5000 m³ par an. Les certificats d'autorisation sont toutefois encore nécessaires pour plusieurs cas.

Un programme de rachat d'énergie verte (Feed-In Tariff Program) a été mis sur pied afin d'assurer par un contrat de 20 ans, le prix de rachat de l'électricité verte produite. En date du 30 septembre 2009, le prix de rachat d'électricité pour une production de biogaz sur ferme est de 19,5 ¢/kWh pour une production de moins de 100 kW et de 18,5 ¢/kWh pour une production de 100 à 250 kW.

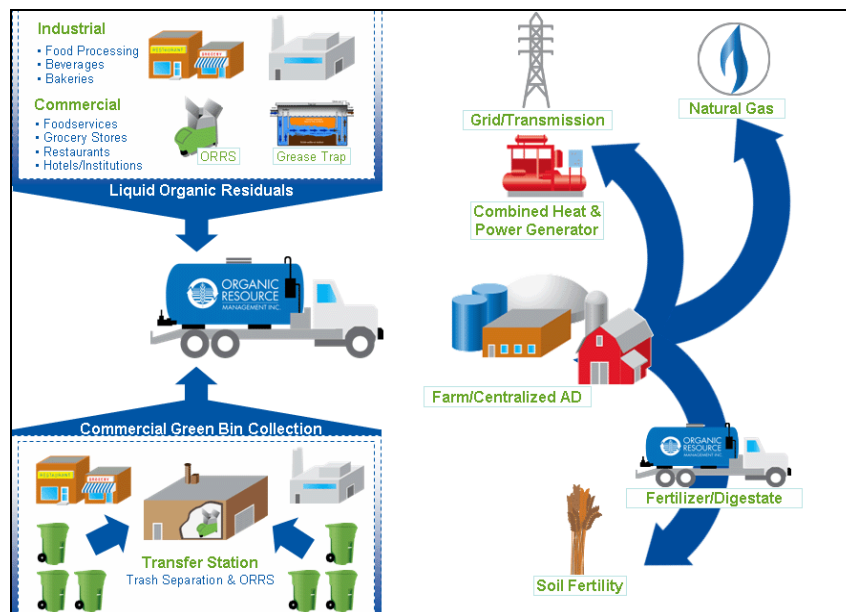
Fepro/ORMI, Ontario, exemple d'application de co-digestion anaérobie sur une ferme

Situé sur la ferme laitière de Fepro (300 bêtes) à Clobden, Ontario, le digesteur anaérobie de 500 m³ est en opération depuis 2003. Il a été construit par les frères Klaesi, propriétaires de la ferme, pour la somme de 250 000 \$ (main d'œuvre partiellement incluse). L'énergie initialement produite par la digestion du fumier (8 à 9 % solide) servait à générer de la chaleur et de l'électricité à l'aide d'une génératrice de 50 kW. Le digesteur génère une économie de la consommation de l'électricité de 1 000 à 2 000 \$/mois à la ferme.

À l'été 2007, la ferme a conclu une entente avec Organic Resource Management, Inc. (ORMI) et a obtenu l'autorisation du gouvernement ontarien afin d'introduire des résidus de graisses alimentaires déshydratés provenant des ICI au digesteur anaérobie. La capacité du digesteur a été augmentée à 500kW en 2009 par ORMI et peut traiter jusqu'à 5 000 tonnes/an de graisse. Un contrat d'exclusivité d'une durée de 20 ans a été conclu entre la ferme et la corporation. Un réservoir souterrain permettant d'entreposer 50 m³ de résidus organiques a été construit à l'aide d'une subvention du ministère de l'agriculture ontarien. ORMI prétraite les résidus organiques commerciaux provenant de la région d'Ottawa afin de les déshydrater jusqu'à 50 % grâce à une technologie brevetée. Cette substance a un rendement en biogaz jusqu'à 10 fois supérieur à celui du lisier.

Trois autres projets de construction sont en cours pour une capacité estimée à 2 MW.

Figure 4.1 Procédé de digestion anaérobie à la ferme Fepro, Ontario (Photo : ORMI)



La technologie d'origine Suisse implantée à la ferme consiste en un cylindre elliptique de 500m³ en ciment dont les murs sont isolés et le plancher peut être chauffé grâce à un réseau de tuyaux en plastique circulant de l'eau. La source de chaleur principale utilisée est le digesteur lui-même et la température maintenue est supérieure en tout temps à 40°C (phase mésophile). La réduction des odeurs lors de l'épandage du digestat est de l'ordre de 80-90% en comparaison avec celle du fumier.

Figure 4.2 Photos des installations de digestion anaérobie à la ferme Fepro, Ontario



Photo : ORMI

Photo : ORMI

4.2 Cas de l'Allemagne et de l'Autriche

L'Allemagne compte plus de 4000 digesteurs anaérobies opérés sur la ferme. Afin d'augmenter la rentabilité, plusieurs agriculteurs utilisent des cultures énergétiques dans les digesteurs. Ces cultures énergétiques sont même favorisées par l'octroi de bonus sur le prix de rachat de l'électricité produite. Cela permet d'avoir un intrant toujours disponible sur place, ayant des caractéristiques connues et ne contenant aucun contaminant. Un bonus de 0,04€/kWh est aussi disponible pour les petits agriculteurs qui utilisent au moins 30% de lisier dans leur digesteur. Les contraintes législatives rendent la codigestion avec des résidus provenant de l'extérieur de la ferme plus complexe et donc moins intéressante pour les agriculteurs.

La digestion la plus répandue en Allemagne est la digestion en réacteur vertical, en une étape, avec réservoir en béton. Depuis 1991, le développement de cette technologie a été fortement encouragé par les nombreuses politiques de rachat d'énergie verte du gouvernement. Ces politiques garantissent un prix plus élevé que le prix du marché pour toute énergie verte produite, en plus de garantir le rachat de cette énergie par l'État. Le prix de rachat est fixé par un contrat de 20 ans et dépend de la taille et de la localisation de l'installation. Le prix de rachat varie donc entre 0,08 et 0,11 €/kWh, avec des bonus pouvant aller jusqu'à 0,096 €/kWh, dont 0,056 €/kWh pour l'utilisation de plantes énergétiques ou engrais de ferme (Source : EcoRessources consultants, 2008).

En Allemagne (tout comme en Autriche), le contexte réglementaire applicable à l'implantation et l'exploitation des digesteurs anaérobie à la ferme a toutefois grandement défavorisé jusqu'à présent, la codigestion de lisiers avec des matières résiduelles organiques exogènes à la ferme (boues et résidus organiques municipaux, commerciaux et industriels). Les exigences réglementaires plus contraignantes pour les projets traitant des résidus autres qu'agricoles ont le plus souvent découragé les producteurs de développer ces avenues, et cela est particulièrement accentué dans le cas de biosolides municipaux. Cependant, la situation serait appelée à changer suite à l'exemple de la Suède qui au contraire a grandement favorisé, sur le plan réglementaire et des incitatifs financiers le développement de la codigestion de matières d'origine tant agricole que municipale et industrielle (communication personnelle, J.Barth, ECN, 2009).

Tableau 4.1 Exemple de codigestion sur une ferme allemande

Ferme	Localisation	Année de construction	Intrants	Digesteur	Cogénération	Coûts (\$ CAN)
IM BRAHM	Essen, Allemagne	2005	Lisier porc Résidus domestiques Gras, Grain	Ciment 1 205 m³	Moteur à gaz 2 x 190 kW	1 600 000 \$

En Autriche, une étude datant de 2003 et portant sur 44 fermes possédant des digesteurs a montré les caractéristiques moyennes pour les fermes opérant en codigestion, soit 93 % des 44 fermes. (source : WALLA, C, 2003). Les résultats de cette étude sont résumés dans le tableau 4.2.

Tableau 4.2 Résumé de la digestion anaérobie sur ferme en Autriche, 2003

Statistiques sur la digestion anaérobie à la ferme en Autriche	
Nombre de fermes opérant en codigestion	41 sur les 44 étudiées
Taille moyenne	70 ha par ferme
Proportion de coopératives	15%
Moyenne de nombre d'unités animales par ferme	64 u.a.
Temps nécessaire à la planification	1 an (moyenne)
Temps nécessaire à la construction	10 mois (moyenne)
Personne en charge du projet	Expert-consultant, partenaire de l'agriculteur
Pourcentage de fermes en mode codigestion avec lisier	90 %
Pourcentage de ferme utilisant des cultures énergétiques	66%
Cultures énergétiques les plus utilisées	Maïs (1ère) et Gazon (2ième)
Temps de résidence moyen (digestion)	48 jours
Capacité électrique moyenne	77 kW
Moyenne de l'efficacité de transformation en électricité	28,5%
Moyenne de la chaleur utilisée par le procédé	27%
Moyenne de la capacité d'entreposage des intrants	6 mois

Comme en Allemagne et ailleurs dans le monde, les raisons qui ont poussé les agriculteurs autrichiens vers la digestion anaérobie sont, par ordre d'importance;

- ✓ l'amélioration de la qualité du lisier,
- ✓ l'autoproduction d'énergie,
- ✓ la diversification des revenus (plus spécifique à la codigestion),
- ✓ l'intérêt personnel et
- ✓ la gestion des odeurs.

Toujours selon cette étude, la totalité des digesteurs anaérobies présents en Autriche en 2003 étaient des digesteurs mésophiles utilisant des procédés liquides en continu. Peu d'agriculteurs utilisent une seule matière dans leur digesteur, la plupart utilisant deux ou trois intrants différents. Les co-substrats utilisés avec le lisier, sont les résidus de gras, les huiles usées et les résidus organiques municipaux séparés à la source (principalement des résidus alimentaires, avec un peu de gazon en saison). Le nombre d'heure de fonctionnement par jour est adapté au type d'intrant utilisé. Les applications de codigestion utilisant des résidus organiques municipaux nécessitent plus d'heures d'opération que ceux utilisant des cultures énergétiques, cela étant dû aux étapes de séparation des contaminants.

La codigestion sur ferme en Allemagne et Autriche est viable, grâce aux prix favorables de rachat de l'énergie et au soutien au financement initial (construction) mais que cette viabilité est fragile et nécessite une excellente conception. Les cultures énergétiques sont les co-substrats les plus utilisés à cause des incitatifs économiques directement liés à leur utilisation et le meilleur contrôle possible sur la qualité et la disponibilité de ces co-substrats comparativement aux matières résiduelles organiques.

4.3 Cas de la Suède

Depuis les 10 dernières années, la production de biogaz en Suède s'est beaucoup développée, visant surtout le traitement des eaux usées. En effet, près de 60% du biogaz produit à l'échelle du pays vient des usines de traitement des eaux usées. Une fraction non-négligeable, soit 10%, provient toutefois de la codigestion. La codigestion est plutôt faite à grande échelle, soit à une capacité minimale de 1000 m³, allant jusqu'à 5000 m³ (taille des digesteurs).

La codigestion à la ferme est plus rare (8 cas en 2008), mais génère un intérêt grandissant. En général, les digesteurs suédois sont mésophiles, de relativement petite échelle, entre 100 et 500 m³. La plupart des fermes chauffent leurs bâtiments avec la chaleur de combustion du biogaz, et produisent de l'électricité utilisée sur le site et/ou vendue au réseau de distribution national.

Les politiques de rachat de l'électricité provenant de biogaz en Suède ne sont pas les plus favorables, ce qui poussent les agriculteurs à développer cette technologie plutôt par souci d'autonomie au niveau de l'électricité et du chauffage, de la valorisation des lisiers, ainsi que pour la purification du biogaz. (Swedish Gas Association, 2008). La digestion anaérobie du lisier intéresse particulièrement étant donné qu'après la méthanisation il est plus facile de contrôler la concentration en azote, et ainsi améliorer la fertilisation en plus de réduire les coûts d'achat d'engrais de synthèse. Concrètement, le lisier traité est plus facile à épandre car il est plus liquide et il émet moins d'odeurs lors de l'épandage.

La valorisation de l'énergie thermique devient donc la clef de voute d'un projet de codigestion sur ferme. Les projets en cours qui réussissent à utiliser cette chaleur en remplacement d'une autre source telle l'huile ou le gaz naturel augmentent de beaucoup leur rentabilité.

Par ailleurs, des projets de transformation du biogaz en carburant liquide sont de plus en plus nombreux en Suède étant donné que le pays produit déjà en majorité de l'électricité verte (nucléaire et hydroélectricité). Le remplacement du pétrole utilisé dans les véhicules s'avère donc le meilleur moyen de valoriser le biogaz du point de vue environnemental. Il existait en 2008, 34 usines de valorisation du biogaz injectant le biogaz purifié dans le réseau de gaz naturel ou le transformant en biocarburant (source : Petersson, A., 2008). Un résumé d'une installation suédoise est fourni dans le tableau 4.3. Notons particulièrement l'usine modèle de Västerås, une usine gérée par un consortium regroupant agriculteurs, sociétés publiques et syndicat (tableau 4.4).

Tableau 4.3 Exemple de codigestion sur une ferme suédoise

Ferme	Localisation	Année de construction	Intrants	Digester	Cogénération	Coûts (\$ CAN)
Hagavik	Malmo, Suède	2003	Fumier de poulet Résidus alimentaires	450 m ³	Turbine à gaz 100 kW	600 000 \$

Tableau 4.4 Cas de Västerås, Suède

Västerås, Suède, exemple d'application de la digestion anaérobie en milieu urbain

L'usine de méthanisation de Västerås, en Suède, a été construite dans le cadre du 5^{ème} programme de la Communauté Européenne pour des actions de recherche, de développement technologique et de démonstration (1998-2002) avec la participation du gouvernement de la Suède. Elle représente un investissement de 26,4M\$. Quoiqu'elle opère à très grande échelle et ne co-digère pas de lisiers, elle demeure un exemple intéressant d'application.

L'usine traite environ 14 000 t/an de matières résiduelles organiques triées à la source provenant de 144 000 ménages, 4 000 t/an de boues et graisses et 5 000 t/an de cultures herbacées. Elle produit 23 000 MWh/an de biogaz épuré pour utilisation comme carburant dans des véhicules adaptés et 21 000 t/an de digestat (Ros Roca et Agropti-Gas, 2006).

Les partenaires suivants gèrent cette installation :

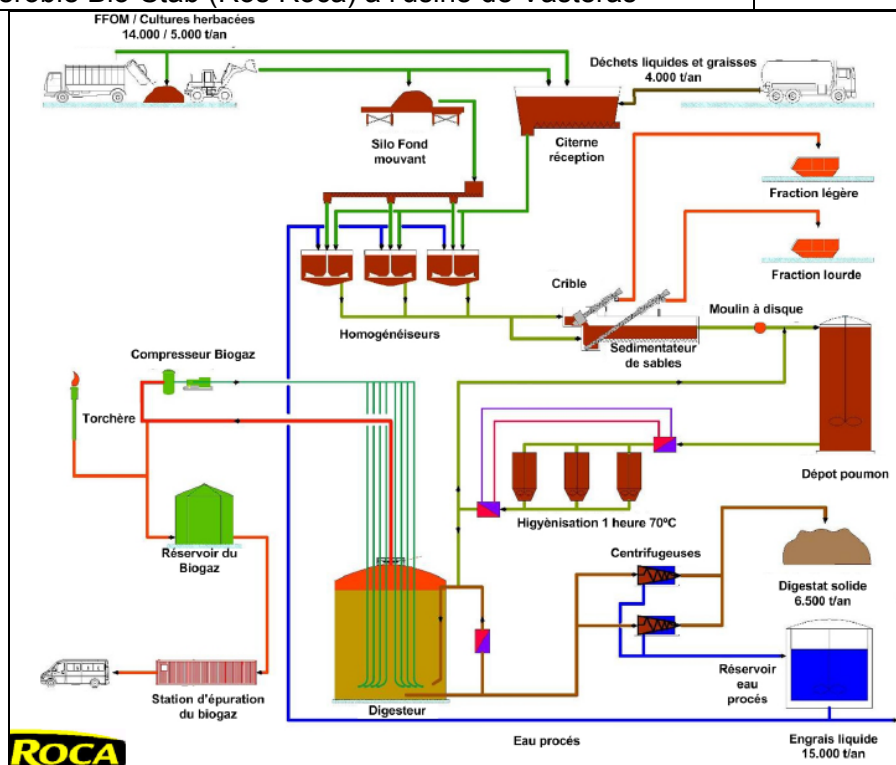
- 1- Syndicat de traitement des déchets (40%)
- 2- La Société Publique de l'énergie (20%)
- 3- La société Publique d'autobus (20%)
- 4- 17 agriculteurs locaux (20%)
- 5- L'association des agriculteurs (20%)

La figure ci-dessous montre le diagramme de flux du procédé de digestion anaérobie Bio-Stab (Ros Roca) à l'usine de Västerås



Station d'épuration du biogaz

Photos : Ros Roca et Agropti-Gas



5.0 Conclusion

Au Québec, on estime que la quantité de matières résiduelles organiques susceptibles de présenter un intérêt pour la codigestion à la ferme pour les producteurs de porcs serait annuellement de plus 3 millions de tonnes. Cela comprend environ 1,3 millions de tonnes de résidus organiques solides provenant des municipalités et probablement plus de 1 million de tonnes (quantité peu connue, estimation) de résidus alimentaires variés, issus du secteur des industries, commerces et institutions (ICI). À ce potentiel s'ajoutent les biosolides municipaux (près de 900 000 tonnes humides), les plus intéressants étant ceux provenant des stations d'épuration municipales mécanisées.

Or, de ces quantités potentielles, peu de matières résiduelles organiques (sauf les biosolides) sont présentement accessibles, puisque les municipalités et les commerces commencent à peine à offrir des collectes sélectives de ces matières organiques triées à la source. Par ailleurs, la disponibilité à venir est difficile à évaluer puisqu'elle dépend d'une multitude de facteurs qui influencent la participation des citoyens et des commerçants à la récupération à la source des résidus organiques. On estime que 60% des quantités produites pourraient être récupérées et dirigées vers des filières de traitement par compostage et digestion anaérobie principalement. En 2006, sur un potentiel récupérable de plus de 1 million de tonnes, c'est environ 150 000 tonnes de résidus organiques, résidus verts et résidus alimentaires, qui ont été collectés pour compostage.

La disponibilité de ces matières organiques triées à la source est donc à venir et l'échéancier de mise en œuvre des collectes est difficile à prévoir puisqu'il a été jusqu'à présent stimulé par des mesures incitatives plutôt que par réglementation ou à cause d'un contexte économique ou social favorable à la valorisation (les coûts de l'enfouissement et la pression sociale ne sont pas encore assez élevés). Les principales contraintes pour la codigestion de matières organiques solides sont, la présence de corps étrangers (plastique, verre, métal) qui augmente le coût de traitement, la disponibilité réduite dans le contexte actuel (quantité et logistique des contrats de gestion à long terme) et la demande créée par d'autres filières de valorisation.

L'analyse indique que ce sont surtout les résidus organiques d'origines animales et végétales faiblement contaminés qui présentent le plus d'intérêt pour la codigestion à la ferme. Ils sont produits par l'industrie de transformation agroalimentaire et le commerce de distribution alimentaire. D'une part ces matières offrent le plus fort potentiel d'augmentation de la production de méthane du lisier. D'autre part, certains résidus sont déjà séparés à la source et disponibles dans la mesure où ils présentent moins de valeur pour d'autres filières de valorisation (compostage, biodiésel, alimentation animale, épandage agricole). Ils sont récupérés sous forme semi-liquides, contiennent des graisses animales et végétales et d'autres résidus d'aliments. Ils constituent une matière fermentescible à valeur énergétique intéressante, mais non optimale pour la production de biocarburants. Difficiles à gérer par compostage, ces résidus pourraient générer des revenus contribuant à la rentabilisation d'une filière de codigestion (possiblement plus de 50\$/tonne, mais difficile à établir dans le contexte de marchés actuel peu développé).

Cependant, il y a très peu d'information qui permet de statuer clairement sur ce potentiel, notamment à cause du peu d'inventaire et d'analyse réalisés sur la disponibilité de ces résidus par région du Québec. Finalement, le soutien gouvernemental à la production de bioénergie, notamment pour la biométhanisation par les municipalités, pourrait créer un contexte compétitif défavorable à la filière de codigestion à la ferme de résidus organiques industriels, commerciaux et municipaux. Une analyse plus exhaustive est recommandée avant de conclure sur l'intérêt de développer cette avenue de façon générale au Québec.

Dans le contexte actuel, les perspectives les plus intéressantes sont probablement liées à des situations particulières de développement de projets agricoles ayant déjà une avenue rentable d'utilisation énergétique du biogaz. La réception de résidus agricoles ne serait donc pas la base de la rentabilité du projet, mais contribuerait plutôt à l'améliorer. Une étude spécifique, au cas par cas, est recommandée.

6.0 Liste des références

- AD NETT (2005). *Potential substrates for co-digestion*. The European anaerobic digestion network
http://www.adnett.org/haupt_codigestion_substrates.html
- ALASTRISTE-MONDRAGON, F. and al. (2006). *Anaerobic Codigestion of municipal; farm and industrial organic wastes : A survey of recent literature*. Water Environment Research, vol. 78, no 6. pp. 607-636.
- ANGELIDAKI, I. et ELLEGAARD, L. (2005). *Anaerobic Digestion in Denmark: Past, Present, and Future*. Water Science and Technology.
- BIORESOURCE TECHNOLOGY, (2007) *Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion* 929-935.
- BIOTERRE SYSTEMS. (2004). *Traitement anaérobie à basse température du lisier de porc et valorisation énergétique du biogaz*.
- BORDA, B. CORDSEN, T. (2008) *800 New biogas plants to be constructed in 2009, BORDA did pioneer work in the late 70s*.
- BUEHLER C. (2009). Organic Resources Management, Avril 2009, ORMI Increases Organic Residual shipments to Klaesi Anaerobic Digester.
- CASTAING, J. et al. (2002) *Digestion anaérobie de lisiers de porcs en mélange avec des déchets agro-industriels*, Journées de la Recherche Porcine. vol 34, pp. 195-202.
- CTAC (2009). Conseil de la transformation agroalimentaire et des produits de consommation.
<http://www.conseiltac.com>
- DEBRUYN, J. (2008) *Occasions de production de biogaz pour les agriculteurs de l'Ontario*. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. Agrowebinaire - 17 novembre 2008.
- ECORESSOURCES CONSULTANTS (2008). *Analyse des opportunités de microproduction d'électricité renouvelable en milieu agricole et forestier*. 152 p.
- FISCHER, T (2002). *Farm-scale biogas plants*. Krieg & Fischer Ingenieure GmbH, R&D Center, Kolon Engineering and Construction Co. www.kriegfischer.de
- GEOMATRIX 2008, *Final Report for the Study of Food-Based Inputs for Biogas Systems in Ontario*.
- HEBERT, M. (2003). *Contrôle de qualité indépendant des matières résiduelles fertilisante*, partie II.
- HEBERT, M. (2005) *Pathogènes dans les biosolides municipaux et autres MRF : normes et critères de bonnes pratiques*, Agrosol Ressources.
http://www.agrireseau.qc.ca/energie/documents/ER_UPA_microproduction_19%20nov%20cdaq.pdf
http://www.iewonline.be/IMG/pdf/Feuille_de_route_BIOMETHANISATION.pdf
http://www.qc.ec.gc.ca/dpe/Francais/dpe_main_fr.asp?innov_fiche_200409a
<http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/Fiche-compost.pdf>

- IWMB (2006). *Waste disposal and diversion findings for selected industry groups; Targeted state wide waste characterization study*. Préparé par Cascadia Group pour Integrated Waste Management Board (California environmental protection agency), 121p.
- MDDEP (2008). *Bilan 2007 de la valorisation des matières résiduelles fertilisantes*.
- MDDEP (2008a). *Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes* ou GVMRF.
- MDDEP (2008b). *Lignes directrices pour l'encadrement des activités de compostage*.
- MORIN P. (2009). *Economic and environmental assessment on the energetic valorisation of organic material for a municipality in Quebec, Canada*.
- PERRON, V. et HÉBERT, M (2007). *Caractérisation des boues d'épuration municipales, paramètres agronomiques*.
- PETERSSON, A. (2008) *Biogas from an international perspective*. Swedish Gas Center, http://www.sgc.se/dokument/Biogas_International_Perspective.pdf
- RECYC-QUÉBEC et Éco Entreprises Québec. *Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel au Québec 2006-2007*. 270 p.
- RECYC-QUÉBEC. (2004). *Filière des matières compostables : Plan stratégique*. 25 p.
- RECYC-QUÉBEC. (2006). *Bilan 2006 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. 28 p.
- RECYC-QUEBEC. (2008). *Fiche d'information : Les composts*.
- RECYC-QUÉBEC-DESSAU-NI ENVIRONNEMENT (2007). *Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel au Québec 2006-2007*. 105 p.
- ROS ROCA, AGROPTI-GAS. (2006). 2^{ième} États généraux de la méthanisation.
- SERRENER CONSULTATION INC. (1989). *Caractérisation des déchets industriels, commerciaux et institutionnels de Montréal*.
- SOLINOV (2006). *Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal* : Document technique de RECYC-QUÉBEC réalisé par SOLINOV.
- SWEDISH GAS ASSOCIATION. (2008). *Biogas from manure and wastes products – Swedish case studies*. Swedish Gas Center, 119 p.
- WALLA, C. et SCHNEEBERGER, W. (2003). *Survey of farm biogas plants with combined heat and power production in Austria*. International Nordic Bioenergy 2003 conference. 5 p.

Annexe A

Municipalités effectuant en tout ou en partie la collecte
des matières organiques alimentaires

Tableau A-1 Municipalités effectuant en tout ou en partie la collecte des matières organiques alimentaires

Région	Organisme municipal
01 Bas-Saint-Laurent	MRC les Basques : Municipalité de Notre-Dame des Neiges MRC de Kamouraska : Ville de La Pocatière, Saint-Pascal et Saint-Bruno MRC Rivière-du-Loup : Municipalité de l'Isle-Verte
03 Capitale-Nationale	MRC Charlevoix : Ville de Baie-Saint-Paul MRC La Jacques-Cartier, La Côte-de-Beaupré et L'Île-d'Orléans (pilotes) MRC Portneuf : Municipalité de Saint-Raymond Ville de Québec
05 Estrie	MRC Coaticook (collecte implantée à l'ensemble des 12 municipalités membres) MRC Le Granit : Ville de Lac-Mégantic MRC Le Haut-Saint-François : Municipalité d'Ascot Corner MRC Memphrémagog : Canton d'Orford (pilote), Village de Ayer's Cliff, Canton de Stanstead, Ville de Stanstead et Municipalité de Sainte-Catherine-de-Hatley, Municipalité de Ogden, North Athley Ville de Sherbrooke
06 Montréal	Ville de Côte-Saint-Luc Ville de Pointe-Claire Ville de Westmount Ville de Montréal : Arrondissement Plateau
8 Abitibi-Témiscamingue	MRC Abitibi : Municipalité de Landrienne
11 Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	Municipalité des Îles-de-la-Madeleine
12 Chaudière-Appalaches	MRC Appalaches : Ville de Disraeli
13 Laval	Ville de Laval
14 Lanaudière	MRC Matawinie : Municipalité de Saint-Félix-de-Valois, Municipalité de Rawdon, Municipalité de Chertsey, Municipalité d'Entrelacs, Municipalité de Saint-Donat et Municipalité de Notre-Dame de la Merci MRC Montcalm (collecte implantée à l'ensemble des 11 municipalités membres) MRC de l'Assomption : Ville de L'Assomption
15 Laurentides	MRC Deux-Montagnes : Municipalité de Saint-Placide MRC Argenteuil : Municipalité de Saint-André-d'Argenteuil Ville de Lachute, Ville de Brownsburg-Chatham
16 Montérégie	MRC Acton et MRC Maskoutains (collecte implantée à l'ensemble des 22 municipalités membres de la Régie intermunicipale de gestion des déchets de la région maskoutaine) MRC Roussillon : Municipalité de Saint-Mathieu
17 Centre-du-Québec	MRC Arthabaska : Municipalité de Tingwick, Saint-Norbert-d'Arthabaska, Norbertville, Saint-Christophe-d'Arthabaska, Victoriaville, Warwick, Saint-Valère, Saint-Rosaire, Sainte-Anne-du-Sault, Daveluyville, Maddington, Saint-Louis-de-Blandford MRC Drummond : Ville de Drummondville

Source : RECYC-QUÉBEC, juin 2009 <http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/publications/general/Liste-Mun-coll-alim.pdf>

Annexe B

Caractéristiques physico-chimiques typiques des résidus
alimentaires triés à la source (restes de table)

Tableau B-1 Composition physico-chimique des résidus alimentaires

Table 3 Elemental composition of food waste examined in this study		
Components	Unit	Average value (standard deviation)
Total solids (TS)	% (w.b.)	30.90 (0.07)
Volatile solids (VS)	% (w.b.)	26.35 (0.14)
Fixed solids (FS)	% (w.b.)	4.54 (0.21)
VS/TS	%	85.30 (0.65)
C (Total)	% (d.b.)	46.78 (1.15)
N (Total)	% (d.b.)	3.16 (0.22)
P (Total)	% (d.b.)	0.52 (0.08)
K	% (d.b.)	0.90 (0.11)
Ca (Total)	% (d.b.)	2.16 (0.29)
Mg (Total)	% (d.b.)	0.14 (0.01)
S (Total)	ppm ^a	2508 (87)
NH ₄ -N	ppm	973 (571)
NO ₃ -N	ppm	118 (80)
Al	ppm	1202 (396)
Fe (Total)	ppm	766 (402)
B (Total)	ppm	12 (1)
Zn (Total)	ppm	76 (22)
Mn (Total)	ppm	60 (30)
Cu (Total)	ppm	31 (1)
Cd	ppm	<1
Cr	ppm	3 (1)
Pb	ppm	4 (3)
Ni	ppm	2 (1)
^a Note: Based on wet base.		

Source: Bioresource Technology (2007)