

**Consultation publique en ligne
sur
la gestion des matières résiduelles**

**Mémoire présenté
par la
Coalition contre le mégadépotoir de Danford
Lake**

26 février 2008

Coalition contre le mégadépotoir de Danford
Coalition Against Danford Megadump
C. P. 911, Danford Lake (Québec) JoX 1Po
Courriel : savedanford@sympatico.ca
Site Web : www.savedanford.com

Préambule

La *Coalition contre le mégadépotoir de Danford* est un regroupement de citoyens de plusieurs municipalités de l'Outaouais qui s'est constitué en décembre 2005 dans un triple but :

- (a) réagir au projet de création d'un lieu d'enfouissement régional dans la petite municipalité rurale d'Alleyn-et-Cawood (alias Danford Lake), MRC de Pontiac, Région de l'Outaouais ;
- (b) promouvoir la régionalisation du dossier de la gestion des déchets de l'Outaouais ; et
- (c) promouvoir le recours aux nouvelles technologies de conversion énergétique des déchets.

Des centaines de citoyens des quatre coins de l'Outaouais assistent aux réunions de la Coalition. Sa pétition de février 2005 contre le projet susmentionné a été signée par plus de 4 000 personnes. Dans son rapport du 14 septembre 2007, le Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE) a conclu de ses cinq journées d'audiences publiques sur le projet «qu'il n'était pas souhaitable d'approuver le projet» de Danford Lake.

Les réunions publiques de la Coalition et les audiences publiques (tenues en mai et juin 2007) de la Commission du BAPE ont fait ressortir un large consensus des citoyens de l'Outaouais sur les critères devant guider le choix d'une solution de gestion des matières résiduelles. Ces critères s'inscrivent tous parfaitement dans la nouvelle Stratégie de développement durable du Gouvernement du Québec :

1. causer le moins de risques possible aux humains et à leur environnement à long terme ;
2. mettre à profit la valeur énergétique des déchets pour compléter les efforts de prévention, de recyclage et de compostage ;
3. privilégier le principe de proximité afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre, d'accroître la sécurité routière et de limiter les coûts d'entretien des routes ;
4. être socialement acceptable (en tenant compte de l'équité sociale mais aussi intergénérationnelle) ;
5. être économiquement viable.

Notre mémoire comprend quatre parties :

1. Cadre législatif et Partage des responsabilités
2. Politique de gestion des matières résiduelles 1998-2008
3. Réduction à la source des matières résiduelles
4. Les 3-R et l'élimination des déchets ultimes

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1. ..Cadre législatif et Partage des responsabilités.....	4
1.1 Sommaire des recommandations	4
1.2 Justification des recommandations.....	5
2. Politique québécoise de gestion des matières résiduelles	8
2.1 Sommaire des recommandations	8
2.2 Justification des recommandations.....	9
3. Réduction à la source.....	13
4. Valorisation	18
4.1 Sommaire des recommandations	18
4.2 Critères devant guider le choix de la technologie	19
4.3 Les différentes options.....	19
4.4 L'enfouissement, la pire option	19
4.5 Les matières résiduelles, un potentiel énergétique inexploité.....	20
4.6 Qu'advient-il de 100 tonnes de déchets non triés arrivant à un site de triage et de valorisation ?	21
4.7 Le compostage : oui, mais... ..	22
4.8 La gazéification, l'incinération et la cogénération.....	23
4.8.1 La gazéification.....	23
4.8.1.1 La gazéification au plasma aux fins de production d'électricité	23
4.8.1.2. La gazéification aux fins de production d'éthanol	25
4.8.2 L'incinération	26
4.8.2.1 L'exemple de la Suède	27
4.8.2.2 L'exemple de la République fédérale d'Allemagne	28
4.8.2.3 L'exemple de l'Ontario.....	29
4.8.3 La cogénération.....	30
5. Élimination des matières résiduelles	30
5.1 Résidus solides	31
5.2 Boues municipales.....	31

1. Cadre législatif et Partage des responsabilités

Dans les pages suivantes, nous passons en revue les points du *Règlement sur l'incinération et l'enfouissement des matières résiduelles* qui, selon nous, pourraient être renforcés ou améliorés. Nos constats et recommandations se fondent sur les leçons tirées par un groupe de citoyens motivés qui, depuis deux ans et demi, s'efforcent de résoudre, aux côtés de leurs élus, le problème de gestion des déchets de la Région de l'Outaouais.

1.1 Sommaire des recommandations

Recommandation 1 : *Prévoir dans le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles une procédure permettant d'accélérer l'évaluation environnementale d'un projet d'application d'une nouvelle technologie déjà éprouvée en laboratoire ou sur le terrain en accordant à un tel projet le statut de projet de recherche (projet-pilote d'innovation), à l'instar des gouvernements de l'Alberta (Projet d'Energem Technologies Inc. à Edmonton) ou de l'Ontario (Plasco Energy Group à Ottawa)*

Recommandation 2 : *Interdire l'établissement de nouveaux lieux d'enfouissement et doter le Ministère des ressources humaines et financières permettant d'inspecter efficacement ceux qui existent et de prendre rapidement les sanctions requises*

Recommandation 3 : *Faire assumer les coûts du contrôle et de suivi environnemental des lieux d'enfouissement par leurs exploitants*

Recommandation 4 : *Rationaliser la gestion régionale des matières résiduelles en donnant aux M.R.C. les pouvoirs réglementaires de gérer les matières résiduelles provenant des secteurs ICI et CRD*

Recommandation 5 : *Mettre en place un système de contrôle efficace de la provenance des déchets acheminés au Québec*

Recommandation 6 : *Interdire l'importation au Québec de matières résiduelles ordinaires dans un camion contenant aussi des matières recyclables*

Recommandation 7 : *Rendre obligatoire, pour une M.R.C., la tenue de nouvelles consultations publiques dès lors qu'une modification de son Plan de gestion des matières résiduelles (PGMR) en «affecte l'économie générale»*

1.2 Justification des recommandations

Constat : Selon le MDDEP, la gazéification (simple ou au plasma) des matières résiduelles est considérée comme une forme d'incinération et tombe par conséquent sous le coup du *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles* (ci-après dénommé *Règlement*). Actuellement, tout nouveau projet de gazéification serait assujéti à une longue procédure d'évaluation environnementale dans le cadre de ce *Règlement*.

Recommandation 1 : *Prévoir dans le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles une procédure permettant d'accélérer l'évaluation environnementale d'un projet d'application d'une nouvelle technologie déjà éprouvée en laboratoire ou sur le terrain en accordant à un tel projet le statut de projet de recherche (projet-pilote d'innovation), à l'instar des gouvernements de l'Alberta (Projet d'Energem Technologies Inc. à Edmonton) ou de l'Ontario (Plasco Energy Group à Ottawa)*

Constat : Le ministère manque cruellement de ressources pour faire une surveillance adéquate des sites d'enfouissement, mais aussi pour sanctionner les exploitants pris en défaut. Le problème n'est donc pas le manque de lois et de règlements, mais le fait qu'ils ne soient pas respectés. Ce constat est confirmé par le Vérificateur général du Québec, pour qui le Ministère «*ne peut actuellement exercer une surveillance efficace et efficiente des activités de récupération et d'élimination des matières résiduelles*» (Rapport annuel 2005-2006, p. 111).

Recommandation 2 : *Interdire l'établissement de nouveaux lieux d'enfouissement et doter le Ministère des ressources humaines et financières permettant d'inspecter efficacement ceux qui existent et de prendre rapidement les sanctions requises*

Recommandation 3 : *Faire assumer les coûts du contrôle et de suivi environnemental des sites d'enfouissement par leurs exploitants*

Constat : Les déchets provenant des secteurs ICI [Institution, Commerce et Industrie] et CRD [Construction, Rénovation et Démolition] représentent plus des deux tiers des matières résiduelles générées au Québec. Selon le point 4 de l'Art. 53.9 de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q, e.Q-2), les Municipalités régionales de comté (M.R.C.) doivent faire «*l'inventaire des matières résiduelles produites sur leur territoire, qu'elles soient d'origine domestique, industrielle, commerciale, institutionnel ou autres...*», mais elles ne sont pas tenues d'assurer la gestion des matières résiduelles des secteurs ICI et CRD. En outre, la *Politique* établit des objectifs de mise en valeur pour ces deux secteurs, mais elle compte uniquement sur la bonne volonté des entreprises de ces deux secteurs pour atteindre ces objectifs. L'une des conséquences est le manque d'efforts de recyclage de ces matériaux secs dans notre Région (l'Outaouais).

Recommandation 4 : *Rationaliser la gestion régionale des matières résiduelles en donnant aux M.R.C. les pouvoirs réglementaires de gérer les matières résiduelles provenant des secteurs ICI et CRD.*

Constat : Selon l'Article 4 du *Règlement*, il est interdit d'importer dans un lieu d'enfouissement québécois des matières résiduelles générées hors Québec. Or, il est ressorti clairement des

audiences du BAPE sur le projet de lieu d'enfouissement régional de Danford Lake que des déchets provenant de l'extérieur du Québec (de l'Ontario et possiblement des États-Unis) sont acheminés régulièrement dans l'Outaouais québécois, notamment en raison de la proximité d'Ottawa. En théorie, les camions venant de l'extérieur du Québec sont censés aller tous à un centre de tri, dont l'exploitant est tenu (en vertu de son certificat d'autorisation) de vérifier l'origine des déchets. Les audiences du BAPE ont cependant mis en évidence l'absence de tout contrôle efficace à la frontière entre le Québec et l'Ontario, une absence de contrôle reconnue par le MDDEP lui-même.

Recommandation 5 : *Mettre en place un système de contrôle efficace de la provenance des déchets acheminés au Québec.*

Constat : Selon l'Art. 4 du *Règlement*, il est interdit d'importer dans un lieu d'enfouissement du Québec des matières résiduelles générées hors Québec. Or, il est ressorti clairement des audiences du BAPE qu'il est tout à fait légal d'importer au Québec (en plus de matières dangereuses et de matières recyclables ou putrescibles) des matières résiduelles ordinaires à condition que le camion qui les transporte contienne plus de 50 % de matières recyclables. (Autrement dit, il suffit que le camion contienne 51 % de matières recyclables pour que 49 % de matières résiduelles normales puissent être importés en toute légalité au Québec.)

Recommandation 6 : *Interdire l'importation au Québec de matières résiduelles ordinaires dans un camion contenant aussi des matières recyclables.*

Constat : À l'heure actuelle, toute M.R.C. doit soumettre son *Plan de gestion des matières résiduelles* (PGMR) à des consultations publiques pour en déterminer l'acceptabilité sociale. Nous avons voulu savoir si l'ajout d'un projet de lieu d'enfouissement régional au PGMR d'une MRC doit aussi donner lieu à de nouvelles consultations publiques.

Selon le MDDEP, la consultation publique fait partie de la procédure de modification ou de révision du Plan de gestion des matières résiduelles (PGMR) si «l'économie générale du plan» est affectée par sa modification ou révision. Et il signale que «Recyc-Québec [...] a établi des balises pour cibler les éléments pouvant affecter l'économie générale d'un PGMR.»

Dans une lettre datée du 20 juin 2007¹, Recyc-Québec précisait à la Commission du BAPE :

«En vertu de l'article 53.23, 2^{ème} alinéa, la procédure prévue aux articles 53.11 à 53.22 pour l'adoption du plan de gestion s'applique à toute modification ou révision de ce plan, compte tenu des adaptations nécessaires et des dispositions particulières suivantes : si l'économie générale du plan n'est pas remise en cause à l'occasion de sa modification ou révision, le plan modifié ou révisé n'est pas soumis à la consultation publique.

«L'économie du PGMR serait remise en cause au sens de l'article 53.23 LQE lorsque la modification ou la révision touchera la structure, l'organisation du PGMR. En d'autres termes, il faudrait interpréter la notion «d'économie générale du PGMR» comme le sens général qui se dégage de l'organisation du PGMR. L'impact d'un changement au PGMR sur les personnes (morales ou physiques) situées sur son territoire d'application devrait guider la détermination de la remise en cause ou non de l'économie générale du plan.

¹ Lettre de Recyc-Québec à la Commission du BAPE datée du 20.6.2007 (246/DQ14.1)

Comme exemples, une modification des éléments suivants pourrait correspondre à une remise en cause de l'économie générale du PGMR :

1. Une modification du territoire d'application (article 53.9, paragr. 1 et 2 de l'alinéa 1) ;
2. Une modification des énoncés des orientations et objectifs de mise en valeur (article 53.9 paragraphe 5 de l'alinéa 1) ;
3. Une modification concernant la limitation ou l'interdiction de la mise en décharge ou l'incinération des matières résiduelles provenant de l'extérieur de son territoire (article 53.9, alinéa 2) ;
4. L'exclusion d'une municipalité locale du PGMR (article 53.7, alinéa 3) ;
5. La modification des ententes intermunicipales (articles 53.9, paragraphe 2 alinéa 1) ;
6. Une proposition de mise en œuvre du plan favorisant la participation de la population et la collaboration des organismes et entreprises œuvrant dans le domaine de la gestion des matières résiduelles (article 53.9, paragraphe 7 de l'alinéa 1) ;
7. Une modification des prévisions budgétaires et du calendrier pour la mise en œuvre du PGMR scion l'ampleur de la modification (article 53.9, paragraphe 8 de l'alinéa 1).»

Il ne fait donc aucun doute, selon nous, que l'établissement d'un lieu d'enfouissement régional sur le territoire d'une M.R.C. «affecte l'économie générale» de son PGMR, tant au plan organisationnel qu'au plan budgétaire, et qu'une MRC devrait procéder à de nouvelles consultations publiques lorsqu'elle modifie de cette façon son PGMR.

Recommandation 7 : *Rendre obligatoire, pour une M.R.C., la tenue de nouvelles consultations publiques dès lors qu'une modification de son Plan de gestion des matières résiduelles (PGMR) en «affecte l'économie générale».*

2. Politique québécoise de gestion des matières résiduelles

2.1 Sommaire des recommandations

Recommandation 8 : *Créer, au sein du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, une unité de recherche sur les technologies alternatives à l'enfouissement qui pourrait guider les Régions dans les méandres de la science et de la technologie*

Recommandation 9 : *Faire jouer au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs un rôle proactif en promouvant les alternatives à l'enfouissement et les compagnies qui les développent, ainsi que le prévoyait d'ailleurs la Politique de gestion des matières résiduelles 1998-2008*

Recommandation 10 : *Prendre des mesures incitant fortement les responsables de la gestion des matières résiduelles (municipalités régionales de comté) à traiter celles-ci comme une source potentielle d'énergie et de revenu et non comme un problème à éliminer*

Recommandation 11 : *Faire appliquer le principe de proximité en incitant les centres urbains à se responsabiliser en traitant leurs déchets chez eux ou près de chez eux (dans un périmètre de 20 km)*

Recommandation 12 : *S'assurer que les élus locaux et régionaux aient les outils et/ou la formation requis (le cas échéant, à l'aide d'études de cas) pour fournir à leurs citoyens une information claire et complète sur des projets susceptibles de modifier leur milieu de vie*

Recommandation 13 : *S'assurer que les élus locaux et régionaux convoquant leurs concitoyens à une assemblée de consultation publique énoncent en termes clairs et précis, dans la lettre de convocation, l'enjeu de la consultation afin que les citoyens puissent prendre la décision de participer ou non en toute connaissance de cause*

Recommandation 14 : *Clarifier le concept d'« acceptabilité sociale » en établissant une liste de critères précis, objectifs et rigoureux qui serviraient à guider le processus de consultation publique des promoteurs d'un projet*

2.2 Justification des recommandations

Constat : Souvent, municipalités et MRC ne demandent pas mieux que de trouver une alternative à l'enfouissement, mais, débordées par leurs nouvelles tâches découlant de la décentralisation, elles n'ont pas les ressources humaines et financières nécessaires pour effectuer seules les recherches ou études nécessaires. Cela peut alors les inciter à retenir la solution de facilité (l'enfouissement). Une unité de recherche sur les technologies alternatives à l'enfouissement au sein du Ministère serait donc d'une grande utilité : elle aiderait ces municipalités à trouver une solution adaptée à leurs besoins qui s'inscrit dans la perspective du développement durable.

Recommandation 8 : *Créer, au sein du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, une unité de recherche sur les technologies alternatives à l'enfouissement qui pourrait guider les Régions dans les méandres de la science et de la technologie*

Constat : D'après des autorités reconnues (Environnement Canada, UPA, ministère allemand de l'Environnement, *American Society of Civil Engineers*), même «techniques», les sites d'enfouissement créent des problèmes avec le temps. Selon une étude² comparative des méthodes de gestion des déchets employées aux États-Unis, au Canada, en Suède, au Danemark et aux Pays-Bas, le Canada est, de ces cinq pays, celui qui recourt le plus à l'enfouissement (76 % des matières résiduelles). Les États-Unis occupent la deuxième place (56 %). À l'opposé, les Pays-Bas n'enfouissent que 10 % de leurs déchets.

Ayant pris conscience du pouvoir énergétique considérable des déchets, les Européens ont pris les mesures nécessaires pour récupérer cette énergie. Selon la publication susmentionnée, les Pays-Bas convertissaient environ 40 % de leurs déchets en énergie en 2004, suivis de près par le Danemark et la Suède. Les États-Unis en convertissaient environ 14 %, et le Canada, à la traîne loin derrière, seulement 2 % à 3 %.

La Suède et la République fédérale d'Allemagne interdisent désormais d'enfouir les déchets ayant une valeur énergétique. Plusieurs autres pays européens sont sur le point de taxer l'enfouissement de déchets à pouvoir énergétique ou de l'interdire purement et simplement. En Amérique du Nord, la création et l'agrandissement de sites d'enfouissement suscitent une opposition croissante. Le transport de déchets vers des sites éloignés des centres de masse est, en outre, une méthode coûteuse et polluante.

Les matériaux actuellement enfouis au Canada ont de hautes valeurs énergétiques. Les plastiques, en particulier, ont pratiquement la même valeur calorifique que le mazout n° 2. Et, pourtant, même après recyclage, environ 60 % des déchets plastiques aboutissent, au Canada, dans des sites d'enfouissement, où leur valeur énergétique est ainsi gaspillée.

Recommandation 9 : *Faire jouer au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs un rôle proactif en promouvant les alternatives à*

² *Ontario's 60% Waste Diversion Goal – A Discussion Paper* (L'objectif ontarien pour le réacheminement des déchets : 60 %), ministère ontarien de l'Environnement, juin 2004

l'enfouissement et les compagnies qui les développent, ainsi que le prévoyait d'ailleurs la Politique de gestion des matières résiduelles 1998-2008 :

*«Les nouveaux défis auxquels est confrontée l'industrie de la récupération et de la valorisation demandent une adaptation continue des méthodes et des technologies utilisées. Bien qu'elles aient accès aux programmes réguliers de soutien à l'innovation technologique, les entreprises de ce secteur d'activité en constante évolution doivent être appuyées de façon plus marquée encore si l'on veut qu'elles continuent à progresser.»
(Politique, section 5.4)*

Constat : Avec l'enfouissement, les déchets sont enterrés dans le sol où ils mettent des siècles (plus de 500 ans dans le cas de plastiques non biodégradables) à se décomposer. Non seulement ils ne servent à rien, mais ils créent des problèmes graves en polluant la terre, l'air et l'eau. Or, les déchets peuvent servir à produire de l'électricité (par incinération moderne ou par gazéification au plasma) ou de l'éthanol (par gazéification).

L'heure est venue de cesser ce gaspillage et de tirer pleinement parti du gisement considérable d'énergie renouvelable que représentent les matières résiduelles.

Recommandation 10 : *Prendre des mesures incitant fortement les responsables de la gestion des matières résiduelles (municipalités régionales de comté) à traiter celles-ci comme une source potentielle d'énergie et de revenu et non comme un problème à éliminer.*

Constat : Les déchets devraient être traités près des principaux centres de production («centres de masse») – non seulement en vue de réduire les distances de transport et, donc, les gaz à effet de serre, mais aussi parce que cela incite les centres urbains et leurs citoyens à se responsabiliser.

En Outaouais, le principal centre urbain est la Ville de Gatineau, qui génère à elle seule 70 % à 80 % des matières résiduelles de la Région. La Coalition a contacté des villes canadiennes de la taille de Gatineau pour savoir à quelle distance se trouvait leur principal lieu d'élimination de matières résiduelles. Puisque la Ville de Gatineau compte environ 250 000 résidents, nous avons contacté 12 villes comparables de 150 000 à 350 000 résidents : (d'ouest en est) Victoria, Burnaby, Saskatoon, Regina, Sudbury, Windsor, Markham, Oshawa, Laval, Sherbrooke, Halifax, St. Johns. Dans les cas où ce lieu d'élimination se situait à l'intérieur de leur périmètre urbain, il leur était demandé d'évaluer la distance séparant ce lieu du centre-ville.

En résumé : des 12 villes canadiennes enquêtées, 10 ont trouvé des solutions à long terme. De ces 10 villes, 9 ont un lieu d'élimination à moins de 17 km – soit à une distance inférieure à celle séparant Gatineau de Wakefield/LaPêche. Deux autres villes sont sur le point d'adopter une nouvelle technologie qui sera implantée tout près de chez elles. Quant à Ville de Gatineau, elle vient de choisir une solution à court terme (continuer d'envoyer ses déchets au site de Lachute), le temps de trouver, avec la Région, une solution durable et le meilleur emplacement pour l'implanter. En décembre 2007, elle annonçait la construction, près de son aéroport, d'un « complexe environnemental », comprenant une plate-forme de compostage, une usine de recyclage et prévoyant un espace pour une éventuelle usine de valorisation des déchets.

Recommandation 11 : *Faire appliquer le principe de proximité en incitant les centres urbains à se responsabiliser en traitant leurs déchets chez eux ou près de chez eux (dans un périmètre de 20 km)*

Constat : Le Ministère de l'Environnement encourage fortement le promoteur d'un projet de d'enfouissement à consulter la population pour accroître les chances de réussite de son projet en le rendant plus acceptable – et ce, dès le début du projet afin que la population puisse influencer sur les prises de décisions :

«Plus concrètement, le Ministère incite fortement l'initiateur de projet [...] à débiter le processus de consultation avant ou dès le dépôt de l'avis de projet et à y associer toutes les parties concernées, tant les individus, les groupes et les collectivités que les ministères et autres organismes publics et parapublics. Il est utile d'amorcer la consultation le plus tôt possible dans le processus de planification des projets pour que les opinions des parties intéressées puissent exercer une réelle influence sur les questions à étudier, les choix et les prises de décision. Plus la consultation intervient tôt dans le processus qui mène à une décision, plus grande est l'influence des citoyens sur l'ensemble du projet et nécessairement, plus le projet risque d'être acceptable socialement.»³

Le manque de transparence et de démocratie peut susciter la méfiance envers les élus et un désintérêt des citoyens pour la chose publique. Il a été démontré, en outre, qu'il existe une corrélation étroite entre l'acceptabilité sociale d'un projet et la santé sociale d'une communauté et que des problèmes sociaux surviennent au sein d'une population à qui on enlève tout moyen de maîtriser son milieu et son avenir.

Recommandation 12 : *S'assurer que les élus locaux et régionaux aient les outils et/ou la formation requis (le cas échéant, à l'aide d'études de cas) pour fournir à leurs citoyens une information claire et complète sur des projets susceptibles de modifier leur milieu de vie*

Constat : Lorsqu'une municipalité ou un promoteur convoque des citoyens à une réunion d'information sur un projet, l'objet de la réunion doit être énoncé en termes non équivoques pour que les citoyens en comprennent clairement les enjeux et puissent ainsi décider, en toute connaissance de cause, s'il est important ou non pour eux de participer à cette réunion.

C'est à la fois une question de bon sens et une question d'éthique. C'est certainement aussi pour ces deux raisons que le ministère des Affaires municipales et des Régions recommande d'agir de la sorte à propos de consultations publiques sur un projet de règlement au plan d'urbanisme⁴.

Le contenu de la convocation à la première réunion publique de consultation sur un projet d'infrastructure tel qu'un lieu d'enfouissement de matières résiduelles est essentiel, parce qu'il permet au citoyen de répondre à ces deux questions fondamentales :

1. *Cela vaut-il la peine que je me dérange ?*
2. *Ma non-participation pourrait-elle avoir des conséquences négatives pour moi ?*

³ Directive pour le projet d'établissement d'un lieu d'enfouissement sanitaire à Danford Lake par LDC, Gestion et services environnementaux (3211-23-072), Introduction, Section 5 (Incitation à consulter le public en début de procédure)

⁴ « Consultation publique – Objet de l'assemblée : Il est souhaitable que la définition de l'objet de l'assemblée soit assez exhaustive pour qu'une personne intéressée puisse comprendre les conséquences de l'adoption éventuelle du projet de règlement. » Manuel de procédure pour des changements au plan d'urbanisme ou au règlement de zonage

Si elle n'énonce pas clairement la raison de la consultation publique, la lettre de convocation ne donne pas au citoyen les informations nécessaires pour déterminer si sa présence est nécessaire ou non. Pour la Cour suprême du Canada, un organisme public tel qu'une municipalité est tenu d'exercer ses pouvoirs équitablement, de bonne foi et en tenant compte de l'intérêt public⁵.

Recommandation 13 : *S'assurer que les élus locaux et régionaux convoquant leurs concitoyens à une assemblée de consultation publique énoncent en termes clairs et précis, dans la lettre de convocation, l'enjeu de la consultation afin que les citoyens puissent prendre la décision de participer ou non en toute connaissance de cause.*

Constat : Les audiences du BAPE sur le projet de lieu d'enfouissement régional de Danford Lake ont mis en évidence l'absence flagrante de critères précis utilisés par le Ministère pour définir l'acceptabilité sociale d'un projet au tout début du processus de consultation publique par les promoteurs. Le Ministère s'en remet entièrement au libre arbitre des promoteurs d'un projet pour définir ces critères.

Recommandation 14 : *Clarifier le concept d'«acceptabilité sociale » en établissant une liste de critères précis, objectifs et rigoureux qui serviraient à guider le processus de consultation publique des promoteurs d'un projet.*

En nous inspirant d'un document trouvé sur le site Web du BAPE⁶, nous avons établi une liste possible de questions que le public concerné pourrait se poser et de critères qu'il pourrait retenir pour déterminer si le projet est acceptable ou non :

- (a) Quelle est la collectivité à laquelle profiterait le projet (une municipalité, une MRC ou une Région administrative) ?
- (b) Le promoteur et l'instance gouvernementale concernée (municipalité, MRC, Région) ont-ils rejoints tous les membres de cette collectivité ou seulement une partie ?
- (c) Le projet est-il de nature à affecter la collectivité à court terme, à moyen terme ou à long terme ?
- (d) Le projet représente-t-il, en plus d'un intérêt général, une occasion d'affaires pour des intérêts privés ?
- (e) Le bien ou le service fourni par le promoteur est-il indispensable à la collectivité ?
- (f) La collectivité pourrait-elle obtenir ce même service ou ce même bien d'une *autre* façon ou d'une *autre* source ?
- (g) L'instance responsable a-t-elle étudié un nombre raisonnable d'alternatives ?
- (h) L'instance responsable a-t-elle fait connaître à la collectivité toutes ces alternatives ?
- (i) Le projet répond-il aux valeurs de la collectivité concernée ?
- (j) Ces valeurs ont-elles été identifiées ?

⁵ Jugement du 30.06.2004 (2004 CSC 48) URL : <http://csc.lexum.umontreal.ca/fr/2004/2004csc48/2004csc48.html>

⁶ <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/Rabaska/documents/DM414-2.pdf>

3. Réduction à la source

La Coalition est également d'avis qu'il faut donner la primauté au principe de réduction à la source dans la Politique de gestion des matières résiduelles, notamment pour les raisons données à la page 9.

Au Québec comme ailleurs, les efforts déployés pour réduire à la source semblent être lents à être suivis d'effet. Le principe de réduction à la source repose sur une prise de conscience de la nécessité de modifier nos comportements dans la vie de tous les jours, et il incombe à tous les paliers de gouvernement de convaincre la population de l'importance d'agir dans une perspective de développement durable. Des mesures incitatives peuvent et doivent être prises pour donner un « coup de pouce » aux municipalités et aux citoyens dans ce grand virage.

Voici nos réponses aux neuf questions posées :

1. La quantité de matières résiduelles générées augmente continuellement. Comment pourrait-on la réduire ?

Poursuivre l'éducation du consommateur est l'une des clefs de la solution. Il est préférable de lancer d'abord des messages de nature générale, qui capteront leur attention (changements climatiques, dégradation de l'environnement, legs laissés à leurs enfants et petits-enfants, etc.) et les prépareront à mieux recevoir ensuite des messages plus ciblés (sur l'impact négatif du transport sur de longues distances sur la pollution atmosphérique ; les emballages superflus ; la faible durabilité de certains produits due à leur médiocrité ; les émissions de polluants invisibles au consommateur mais bel et bien générées lors de la fabrication, etc.).

Les objectifs de réduction ne seront atteints que par le biais d'actions gouvernementales et de campagnes de sensibilisation qui visent comme cible une diminution notable des déchets ultimes. Les écoles, les immeubles à bureaux, les centres commerciaux sont autant d'endroits propices pour développer une saine gestion des matières recyclables et putrescibles. Les coûts reliés aux impacts sur la santé publique et à l'élimination devraient aussi être rendus publics annuellement pour chaque région. Cela permettrait une sensibilisation accrue de l'impact que nos gestes quotidiens ont sur l'environnement social et économique de notre milieu de vie. Le site du MDDEP serait l'hôte de ces données.

2. Devrait-on accorder des compensations aux entreprises ou prendre des mesures coercitives pour qu'elles fassent davantage d'efforts de réduction à la source ?

Il serait justifié, selon nous, d'octroyer des subventions pour soutenir les premiers efforts déployés dans cette direction, surtout par les détaillants. Ces derniers peuvent faire beaucoup, en effet, pour réduire l'emballage à la source s'ils ont pris conscience du problème et si le gouvernement leur octroie des fonds pour soutenir leur action. Les mesures coercitives peuvent être très utiles, mais seulement si leurs coûts et les efforts à mener pour leur mise en œuvre sont acceptables – ce qui, vu le grand nombre d'acteurs, n'est souvent pas le cas.

Tant que la prospérité économique ne sera pas liée au respect de l'environnement et que des mesures efficaces auprès des industries ne seront pas mises en place, les résultats demeureront en deçà des cibles gouvernementales. Des investissements doivent être faits dans le domaine des nouvelles technologies qui répondent aux critères d'environnement durable et réduisent au minimum l'impact sur l'environnement.

3. Quelles seraient ces mesures incitatives ou coercitives ?

Exemples de mesures incitatives :

- les subventions susmentionnées, destinées à des programmes-pilotes ou des programmes de démarrage visant les détaillants ;
- conseils pratiques aux détaillants sur les moyens de mieux gérer l'emballage en magasin ;
- encourager les détaillants à vendre des produits locaux et encourager les consommateurs à les acheter.

Là où les mesures coercitives sont le plus efficaces c'est dans les cas d'un manquement flagrant à un règlement. Prenons comme exemple l'interdiction de sacs à provisions en plastique instaurée par plusieurs villes en Amérique du Nord, telles que San Francisco et plusieurs villes canadiennes (dont Huntingdon, Québec). Certes, cette mesure coercitive demande un certain courage politique, mais, comme nous l'avons vu avec les politiques antitabac, une fois l'interdiction décrétée, nombreux sont les consommateurs à réagir si le détaillant ne se conforme pas au règlement : lorsqu'une majorité soutient une politique, la minorité qui, initialement, refusait de s'y conformer en changeant ses habitudes est soumise à de fortes pressions pour le faire. Au lieu d'interdire purement et simplement ces sacs de plastique, on pourrait aussi les vendre au coût de 25 cents à la caisse. C'est ce que font certains pays (la France, l'Allemagne), et l'incitation à s'en passer est très forte ! Le rabais actuel de 5 cents donné aux clients munis de leur propre sac à provisions n'est pas appliqué uniformément et est très insuffisant.

Les industries qui ne se conforment pas au plan d'action du gouvernement devront être mises à contribution pour défrayer les coûts sociaux reliés à leur manque de conformité. Des comités de surveillance pourraient être mis en place pour assurer le suivi des dossiers litigieux.

Le suivi du gouvernement se doit d'être amélioré si l'on en juge par les nombreux abus documentés dans la section du Rapport du Vérificateur général (2005-2006) consacrée aux matières résiduelles : manque de suivi, manque de rapports d'infractions dans ce secteur d'activités. Or, cet aspect est primordial si l'on veut que la population adhère aux principes des 3R-V. Il faudrait rendre publique, par la voie de l'Internet, l'évolution des dossiers afin de maintenir l'intérêt pour la protection de l'environnement.

4. Avez-vous des mesures à proposer pour réduire à la source les matières résiduelles dans la fabrication, la distribution et la commercialisation des produits ?

La réduction à la source est de plus en plus un problème à l'échelle planétaire puisqu'un nombre croissant de produits sont fabriqués dans des filiales et à l'extérieur des frontières et que les décisions touchant la conception, l'emballage et le mode d'expédition de ces produits sont prises ailleurs. Le *Document de consultation* mentionne que le *Conseil*

canadien des ministres de l'environnement (CCME) a adopté en 1990 le *Protocole national sur l'emballage*. Nous espérons que le gouvernement québécois prend une part active aux travaux de suivi réalisés par le *Groupe de travail du CCME sur la responsabilité élargie des producteurs*, lequel se penche sur la gérance des produits et l'ébauche d'une stratégie pancanadienne en matière d'emballage durable.

Comme l'Outaouais est à proximité de l'Ontario, nous sommes bien placés pour constater les différences entre ces deux provinces pour ce qui concerne les bouteilles recyclables : au Québec, le système de consigne touche les bouteilles de plastique ou de verre de boisson gazeuse et de bière, ainsi que les canettes en aluminium, alors qu'en Ontario, elle touche les bouteilles de vin et de bière. Si le système de consigne du Québec incluait les bouteilles de vin, cela pourrait entraîner une réduction du trafic transfrontalier. Certes, ce ne serait là qu'un petit pas, mais ce sont de nombreux petits pas de ce genre qui permettront d'atteindre le but désiré.

L'un des facteurs clefs est de rendre les fabricants canadiens et les principaux importateurs responsables de la récupération des biens qu'ils fabriquent ou importent, ainsi que des déchets générés.

En Suède, les producteurs sont légalement responsables de collecter eux-mêmes (ou de faire collecter par des sous-traitants) tous les déchets générés par leurs produits. Cela les incite à prévoir le moins de déchets possible dès le stade de la production et de la mise en marché.

Forts du sentiment d'être responsables du cycle de vie de leurs produits, les fabricants de voitures européens ont modifié leurs véhicules pour que, une fois leur cycle de vie achevé, il soit possible de les démonter et d'en réutiliser plus facilement les pièces détachées.

En fin d'analyse, les chances qu'a le Québec d'infléchir ici le cours des choses seront meilleures s'il s'allie à d'autres provinces canadiennes ou d'autres pays que s'il reste seul à agir dans ce domaine.

5. Devrait-il y avoir plus de campagnes d'information et de promotion axées sur la réduction à la source ?

Le meilleur moyen, pour le gouvernement québécois, d'aider les distributeurs et les détaillants serait de leur fournir des informations fiables sur les programmes qui ont été couronnés de succès ailleurs. Rien de tel qu'une analyse comparative mettant en évidence les raisons des échecs et des succès pour encourager un secteur de l'industrie ou une entreprise particulière. Ces informations devraient également être partagées avec les consommateurs pour que ceux d'entre eux qui se soucient de l'environnement puissent, le cas échéant, faire des reproches aux compagnies dont ils achètent les produits.

Les campagnes de publicité, dont celles de Recyc-Québec, sont de bons outils dans l'atteinte des objectifs de réduction à la source. Des publicités télévisuelles plus percutantes aux heures de grande écoute pourraient aider encore plus. Des dépliants disponibles dans les bibliothèques publiques, de l'aide aux organisations communautaires qui se préoccupent déjà de leur environnement seraient autant de façons de passer le

message selon lequel protéger notre environnement immédiat est intimement lié à la survie de toute la planète.

6. Peut-on envisager de tarifier le citoyen en fonction de la quantité de résidus qu'il jette ? S'agit-il d'un bon moyen pour influencer sur son comportement ?

De nombreuses tentatives ont été menées à cet égard, en Amérique du Nord et en Europe : faire acheter aux ménages des porte-adresses pour leurs sacs d'ordures ; limiter le nombre hebdomadaire de sacs par ménage ; ou encore fournir des bacs sur roues pour divers types de déchets. Toutes ces expériences ont certainement dû faire l'objet d'évaluations. Il incombe au gouvernement d'en faire l'analyse et la synthèse.

C'est peut-être par le portefeuille que doit passer l'éducation pour une certaine partie de la population, mais les progrès déjà notés doivent servir à influencer la façon de tarifier si c'est le seul moyen. Le consommateur pourra faire un choix si les produits verts sont disponibles. Les fabricants ont la responsabilité d'offrir une gamme de produits qui répondent aux objectifs du gouvernement pour la gestion des matières résiduelles.

7. La population est-elle suffisamment informée des avantages de l'herbicyclage ?

Il se peut qu'elle le soit, mais, si c'est le cas, elle n'est de toute évidence pas persuadée de ses avantages, à en juger par le grand nombre de gens qui continuent de ramasser le gazon une fois coupé. Il pourrait être judicieux de convaincre les entreprises d'aménagement paysager d'appuyer la position du gouvernement sur ce plan.

8. Qui est le mieux placé pour faire la promotion de la réduction des matières résiduelles ?

- les municipalités et les M.R.C., parce qu'elles traitent directement avec leurs citoyens et les entreprises sur leur territoire ;
- le gouvernement du Québec, pour agir aux plans national et international et fournir les informations nécessaires au secteur privé du Québec et, surtout, aux municipalités, car certaines d'entre elles sont de très petite taille et manquent de personnes ressources.

9. Croyez-vous que les efforts du gouvernement québécois sont suffisants ?

Le gouvernement québécois élabore généralement des politiques qui sont parmi les meilleures au Canada, parce qu'elles sont le fruit d'une réflexion approfondie et de consultations sérieuses. Malheureusement, cet excellent travail est souvent peu suivi d'effets en raison du manque de ressources adéquates pour le transposer dans la pratique.

Pour la majorité des citoyens consultés, il serait tout à fait justifié que le ministère établisse un échéancier raisonnable pour permettre aux intéressés de remplir graduellement leurs nouvelles obligations. Tous, en revanche, jugent inacceptable d'attendre la dernière minute pour tenter d'atteindre les objectifs fixés, car agir dans la précipitation ne permet pas de faire le choix le plus judicieux.

Nous recommandons que, aussitôt adoptée, la nouvelle politique québécoise de gestion des matières résiduelles fasse l'objet d'une concertation des intéressés accompagnée de l'obligation pour eux de rendre compte publiquement des progrès réalisés à des intervalles

prescrits. Les responsables de l'élaboration d'une politique ont le devoir d'exercer aussi un leadership au niveau de sa mise en œuvre.

Ce qu'il est advenu de la *Politique de gestion des matières résiduelles* au cours des dix dernières années l'illustre bien. C'est une excellente politique. Elle prévoyait, entre autres, la fermeture des dépotoirs en tranchée en janvier 2009. Cette louable intention s'est malheureusement traduite par l'inertie d'un grand nombre de municipalités, mais aussi par celle du gouvernement québécois, qui n'a rien fait pour les sortir de cette inertie ni pour leur donner une assistance quelconque sur les alternatives possibles ou les sources de financement. Espérons que la nouvelle politique sera aussi bonne que la précédente, mais que son accompagnement et son suivi soient plus rigoureux et d'une plus grande assistance aux personnes responsables de sa mise en œuvre.

4. Valorisation

4.1 Sommaire des recommandations

Recommandation 15 : Reconnaître que nous sommes entrés dans l'ère post-enfouissement et encourager les technologies de valorisation pour que seules les matières résiduelles inertes ou non réutilisables soient stockées

Recommandation 16 : Interdire l'enfouissement de matières ayant un contenu énergétique élevé et tirer parti de cette valeur énergétique

Recommandation 17 : Encourager le compostage intérieur, notamment par des mesures éducatives et la fourniture de trousse de compostage

Recommandation 18 : Réaliser une étude sur le compostage extérieur à grande échelle pour vérifier s'il n'est pas préférable de transformer les matières putrescibles pour produire de l'électricité ou de l'éthanol

Recommandation 19 : Demander à Hydro-Québec d'acheter l'électricité produite par gazéification au plasma à un tarif allant jusqu'à 0,11 \$ par kilowatt-heure afin de permettre à cette technologie de réduire les tarifs d'élimination des matières résiduelles payés par les municipalités et de favoriser leur traitement à proximité des centres de masse

Recommandation 20 : Prendre des mesures incitatives en faveur de la gazéification au plasma également pour le traitement des matières dangereuses

Recommandation 21 : Pour le cas où l'option de la gazéification aux fins de production d'éthanol serait retenue, adopter une stratégie de production d'éthanol à partir de déchets (municipaux, forestiers, etc.), et ajouter ce produit aux carburants pour les rendre moins polluants

Recommandation 22 : Prendre des mesures incitatives en faveur de l'incinération moderne et la cogénération

Recommandation 23 : Rendre les normes québécoises en matière d'incinération plus rigoureuses pour tenir compte des progrès accomplis avec cette technologie

Recommandation 24 : Faire en sorte que le procédé OHAP fasse partie intégrante de toute politique de réduction des matières résiduelles et créer des installations près des centres urbains ou industriels

4.2 Critères guidant le choix de la technologie

Le choix d'une méthode de traitement des matières résiduelles doit répondre aux cinq critères suivants :

1. causer le moins de risques possible aux humains et à leur environnement à long terme ;
2. mettre à profit la haute valeur énergétique des déchets pour compléter les efforts de prévention, de recyclage et de compostage ;
3. privilégier le principe de proximité afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre, d'accroître la sécurité routière et de limiter les coûts d'entretien des routes ;
4. être socialement acceptable (en tenant compte de l'équité sociale et intergénérationnelle) ;
5. être économiquement viable.

Toute décision prise aujourd'hui pour le choix d'une solution porte sur le long terme. Elle aura des répercussions pendant des décennies, voire des siècles, sur nos enfants, nos petits-enfants et les générations à venir. Il faut donc la prendre de manière réfléchie et en conformité avec les critères susmentionnés.

4.3 Les différentes options

À la demande de la Région de l'Estrie, les Consultants S.M. Inc. de Sherbrooke ont publié, en février 2007, une *Analyse comparative des technologies de traitement des matières résiduelles*. Voici, dans l'ordre, les technologies ayant obtenu les meilleurs résultats en fonction de critères tels que l'acceptabilité sociale et les impacts sur l'environnement :

- le compostage intérieur,
- le compostage extérieur,
- la gazéification avec production d'énergie,
- la méthanisation,
- le tri-compostage,
- la réduction et stabilisation
- la pyrolyse,
- la production de combustibles dérivés de déchets (CDD),
- l'incinération avec production d'énergie,
- l'enfouissement.

4.4 L'enfouissement, la pire solution

L'enfouissement figure tout au bas de la liste, avec des scores très faibles à la fois au plan social (acceptabilité) et environnemental.

Nous enfouissons nos déchets depuis des temps immémoriaux en les plaçant dans des trous ou tranchées ouverts que nous recouvrons ensuite, souvent après en avoir brûlé les éléments combustibles à ciel ouvert sans aucun souci du risque de pollution de l'air ou de la nappe d'eau souterraine. C'est seulement dans le dernier quart du 20^{ème} siècle que des efforts ont été déployés pour rendre cet enfouissement moins risqué. Il était en effet devenu évident, même aux promoteurs et exploitants de tels sites, que l'enfouissement est loin d'être une bonne solution. On

a donc créé une deuxième génération de sites d'enfouissement appelée "sites d'enfouissement technique". Ceux-ci sont conçus de manière à collecter le lixiviat (pour l'empêcher d'atteindre la nappe souterraine), ainsi qu'à collecter la plus grande proportion possible (40 à 60 % dans la pratique) les gaz générés par l'enfouissement (entre autres, le méthane) et à les brûler (pour empêcher qu'ils ne polluent l'atmosphère). Bien qu'ils soient certainement moins dommageables que les dépotoirs en tranchée, ces sites ou lieux d'enfouissement dits « techniques » n'en sont pas moins connus partout dans le monde (aussi bien au Canada qu'aux États-Unis ou en Europe) pour finir par créer de sérieux problèmes. Personne ne les considère plus aujourd'hui comme la solution au problème de gestion de nos déchets, car ils ne sont en fait que des bombes à retardement :

«Même après stabilisation des résidus, le terrain demeure hypothéqué tant qu'il ne sera pas décontaminé. Cela fait de l'enfouissement une solution non durable qui relègue aux générations futures des contraintes environnementales et des impacts économiques réels.»⁷ [p. 141]

Il existe aujourd'hui de nouvelles méthodes de gestion des matières résiduelles qui sont considérablement moins dommageables pour l'environnement.

Le temps est donc venu de passer à des solutions plus durables et d'entrer dans l'ère post-enfouissement.

Recommandation 15 : *Reconnaître que nous sommes entrés dans l'ère post-enfouissement et encourager les technologies de valorisation pour que seules les matières résiduelles inertes ou non réutilisables soient stockées*

4.5 Les matières résiduelles, un potentiel énergétique inexploité

Il est irresponsable de continuer à enterrer cette source d'énergie renouvelable et considérable que sont les matières résiduelles alors qu'il existe aujourd'hui des technologies permettant d'en extraire une énergie précieuse qui réduirait notre dépendance du pétrole et du réseau électrique.

Dans un mémoire publié en décembre 2004⁸, le *Environment and Plastics Industry Council of Canada* fournit le tableau suivant de la valeur calorifique des matériaux :

⁷ Étude comparative des technologies de traitement des résidus organiques et des résidus ultimes que la Ville de Montréal avait commanditée au groupement SNC-Lavalin / SOLINOV, p. 141

(http://www.cmm.qc.ca/fileadmin/user_upload/documents/Etude_Technologies_PMGMR.pdf)

⁸ *A Review of the Options for the Thermal Treatment of Plastics* [Passage en revue des options possibles pour le traitement thermique des plastiques]

Tableau 1 : Comparaison du contenu énergétique du mazout n° 2 et de celui de matériaux aboutissant souvent dans des sites d'enfouissement

Matériau	Btu par livre	Kilojoules par kilo
Mazout n° 2	20 900	48 500
Plastiques		
Polyéthylène	20 000	46 500
Polypropylène	19 300	45 000
Polystyrène	17 900	41 600
PET <i>[polyéthylène téréphtalate]</i>	9 290	21 600
PVC <i>[polychlorure de vinyle]</i>	8 170	19 000
Charbon	11 500	27 000
Journaux	7 200	17 000
Bois	6 700	15 500
Déchets municipaux	4 650	10 800
Résidus de jardin	3 000	7 000
Déchets de cuisine	2 600	6 000

On le voit, les matériaux actuellement enfouis au Canada ont un contenu énergétique élevé. Les plastiques, en particulier, ont pratiquement la même valeur calorifique que le mazout n° 2. *Et, pourtant, même après recyclage, environ 60 % des déchets plastiques aboutissent, au Canada, dans des sites d'enfouissement, où leur valeur énergétique est ainsi gaspillée.* L'enfouissement n'est donc pas une bonne solution pour l'élimination de déchets ayant un pouvoir énergétique.

De même, les pneus usés, le bois de récupération et l'asphalte usé possèdent une haute teneur énergétique. Nous avons donc à notre disposition des matières permettant de créer de l'électricité et/ou de l'éthanol. *Nous nous devons donc, en tant que société, d'examiner de près ces nouvelles technologies de conversion des déchets en énergie.*

Dans les pages qui suivent, nous n'allons aborder que quelques-unes de ces technologies (le compostage, la gazéification et l'incinération). Nous les citons parce que nous les considérons disponibles maintenant ou sur le point de faire une percée majeure dans le traitement des déchets ultimes (après réemploi et recyclage) et que nous jugeons qu'elles répondent sinon à tous, du moins à la plupart des cinq critères susmentionnés.

Recommandation 16 : Interdire l'enfouissement de matières ayant un contenu énergétique élevé et tirer parti de cette valeur énergétique

4.6 Qu'advient-il de 100 tonnes de matières résiduelles arrivant à un site de triage et de valorisation ?

Voyons maintenant quel traitement subissent généralement des matières résiduelles non triées qui sont acheminées à un centre moderne de triage et de valorisation. Dans une usine traitant 100 tonnes de déchets municipaux par jour qui trie les matières putrescibles, un prétraitement permet de séparer les gros morceaux. Une partie des déchets est envoyée directement au compostage, avec de l'air les traversant (l'air humide passe sur un biofiltre pour s'assurer que l'air libéré dans l'atmosphère soit propre). Le rendement est d'environ 6 tonnes de compost n° 1, lequel a 25 % à 30 % d'humidité (pourcentage rapporté au poids). Après l'étape du prétraitement, les matières qui

ne peuvent pas donner un compost n° 1 (soit environ 90 tonnes) poursuivent le traitement en passant successivement par un déchiqueteur primaire, par un module d'incubation (pendant une heure), puis par un déchiqueteur et un tamiseur secondaire qui fournit du matériau compostable supplémentaire. Le produit obtenu est une sorte de peluche ou matière floconneuse (appelé *fluff* en anglais) d'une taille d'environ 7,5 cm. On en sépare les matières recyclables telles que l'aluminium, le métal ferreux, le verre et la céramique. Le reste est déchiqueté une nouvelle fois pour réduire sa dimension à 2,5 cm. C'est ce résidu (environ 40 tonnes, d'un taux d'humidité de 20 % rapporté au poids) qui alimente l'usine d'incinération ou de gazéification.

Le coût du tri varie considérablement en fonction du mode de tri retenu et du besoin ou non de composter. Pour une usine capable de traiter 100 000 tonnes par an, de composter les matières putrescibles, de trier les matières recyclables et de conditionner les déchets avant leur gazéification ou incinération, le coût en capital serait d'environ 30 millions de dollars. (Source : communication personnelle de la direction d'Energem Technologies Inc., de Sherbrooke).

4.7 Le compostage : oui, mais...

Le compostage obtient le score le plus élevé dans le rapport susmentionné rédigé à l'intention de la Région de l'Estrie, et nous encourageons le recours au compostage chaque fois que possible. Force est toutefois de constater que le compostage a ses limites : par sa nature même, il ne peut traiter que les matières organiques et est impossible à appliquer aux déchets solides.

Si le compostage doit devenir un impératif dans la nouvelle politique québécoise de gestion des matières résiduelles, il est de beaucoup préférable, pour des raisons économiques, de faire trier les matières putrescibles à la source (p. ex., par les ménages) plutôt que dans un centre de tri et de valorisation.

Il faudrait encourager par des mesures éducatives le compostage individuel (intérieur) et la culture de potagers dans les régions rurales, mais aussi dans les villes pour les maisons individuelles. Des trousseaux de compostage devraient être fournis aux citoyens pour leur faciliter le compostage et leur permettre de mieux en apprécier les avantages par rapport à l'emploi d'engrais.

Recommandation 17 : *Encourager le compostage intérieur, notamment par des mesures éducatives et la fourniture de trousseaux de compostage*

Le compostage extérieur à grande échelle ne fait que commencer. Il est beaucoup plus onéreux que prévu si bien qu'il ne répond pas au critère de viabilité économique mentionné au début de ce chapitre. On est donc en droit de se demander s'il ne serait pas préférable, économiquement parlant, d'extraire l'énergie des matières putrescibles à l'aide des nouvelles technologies.

Recommandation 18 : *Réaliser une étude sur le compostage extérieur à grande échelle pour vérifier s'il n'est pas préférable de transformer les matières putrescibles pour produire de l'électricité ou de l'éthanol*

4.8 La gazéification, l'incinération et la cogénération

Nous allons maintenant aborder les technologies de la gazéification et de l'incinération moderne. Dans ces deux cas, la valorisation s'effectue par extraction de l'énergie intrinsèque aux déchets en vue de produire de l'éthanol ou de l'électricité. Les sous-produits solides (dont le volume est considérablement réduit par rapport au volume initial des déchets) sont inertes et peuvent être réutilisés dans la construction de bâtiments (béton) ou de routes (asphalte).

4.8.1 La gazéification

La gazéification occupe le troisième rang des options énumérées à la Section 4.3. Cette technologie recourt à la chaleur dans un milieu pauvre en oxygène pour transformer les matières résiduelles en un gaz semblable à du gaz naturel. Le gaz ainsi obtenu peut soit être brûlé pour alimenter des turbines et produire de l'électricité soit être transformé en méthanol, puis en éthanol, carburant propre d'une grande valeur. Dans les deux cas, la gazéification donne aux matières résiduelles une valeur ajoutée.

La gazéification peut être une simple pyrolyse, mais elle peut aussi recourir aux hautes températures d'une torche au plasma, d'où le nom de gazéification au plasma. Cette dernière est capable de traiter pratiquement tous les déchets et est particulièrement efficace dans le traitement des matières dangereuses. Nous allons examiner maintenant d'un peu plus près ces deux types de gazéification.

4.8.1.1 La gazéification au plasma aux fins de production d'électricité

Une torche au plasma sert à convertir les déchets en gaz et en un matériau inerte. *Il est important de bien noter qu'il ne s'agit pas d'une méthode d'incinération*, puisque tout le processus se déroule en l'absence d'oxygène. Les hautes températures du plasma gazéifient les déchets, qui se décomposent en formant des gaz constitués principalement de monoxyde de carbone et d'hydrogène (similaires au gaz naturel). Ce gaz de synthèse est ensuite épuré et utilisé pour alimenter des turbogénérateurs (par combustion du gaz ou par production de vapeur) et générer de l'électricité. La combustion émet moins de polluants atmosphériques que celle du gaz naturel. Une tonne de déchets génère 1 400 kilowatts-heure d'électricité et 150 kg d'un matériau solide vitrifié qui ne produit aucun lixiviat, puisqu'il est inerte. Ce résidu peut être utilisé pour la fabrication d'asphalte, de béton, de céramiques de plancher et autres matériaux de construction. Un autre sous-produit du procédé est le soufre, qui peut être vendu si bien qu'il n'y a aucun dégagement de dioxyde de soufre dans l'environnement. Le chlore est aussi extrait sous forme de sel. La gazéification au plasma ne produit ni dioxines ni furanes. En fait, les normes d'émissions auxquelles les usines de gazéification doivent se conformer sont beaucoup plus sévères que les normes fixées pour les usines d'incinération au Québec.

Nous avons étudié plusieurs compagnies appliquant cette technologie, en particulier des compagnies canadiennes, et nous en avons visité quelques-unes. Le Plasco Energy Group fait actuellement des essais dans son usine-pilote de 100 tonnes par jour du chemin Trail à Ottawa. Depuis plusieurs mois, chaque partie du système de traitement, qui inclut le triage magnétique des déchets et leur broyage, fait l'objet d'essais minutieux. Selon un article du Ottawa Citizen paru le 7 février 2008 et intitulé *One man's garbage is another man's power: Plasco turns first load of waste into electricity*, l'usine traite désormais des déchets générés à Ottawa. Elle est maintenant prête à

traiter les déchets à plein régime 24 heures sur 24, ce qui en fait une option viable pour la valorisation des déchets au Canada.

Dans le scénario commercial mis sur pied par Plasco pour ses municipalités clientes, la compagnie construit et exploite elle-même l'usine, dont elle reste propriétaire. Les tarifs d'élimination des déchets sont réduits, car ils tiennent compte des revenus générés par la vente d'électricité. Bref, les municipalités n'ont aucun investissement en capital dans l'usine, elles doivent simplement s'engager à l'alimenter en déchets et à payer le tarif d'élimination. Une usine traitant 200 tonnes par jour est conçue pour produire des revenus de 175 \$ par tonne de déchets. Encore une fois, ces revenus sont tirés de deux sources : (a) du tarif payé par la municipalité pour l'élimination de ses déchets et (b) de l'électricité vendue. Plasco peut réduire de 10 \$ le tarif d'élimination pour chaque cent reçu par kilowatt-heure. Par conséquent, si l'électricité était vendue à 10 cents/kWh, le tarif d'élimination ne serait plus que de 75 \$ la tonne. Comme elles peuvent être construites sur un terrain de seulement 1,5 hectare (4 acres), les usines de Plasco peuvent être situées près des centres de masse, ce qui permet de réduire d'autant les distances de transport, les émissions de gaz à effet de serre, les risques d'accidents routiers et les coûts d'entretien des routes. Les coûts de traitement des déchets seraient donc inférieurs aux coûts d'enfouissement et de transport (91 \$) payés à compter de juillet 2008 (et pour les trois prochaines années) par la Ville de Gatineau pour envoyer ses déchets à Lachute. Toute subvention (gouvernementale ou autre) permettrait de réduire encore ces tarifs d'élimination.

Voici, à titre informatif, quelques prix auxquels est vendue actuellement l'électricité :

- L'Ontario vend l'électricité aux résidents de la province au tarif de 0,068 \$ par kWh (ce tarif passe à 0,097 \$ pendant les périodes de pointe) ;
- Le Nouveau-Brunswick vend l'électricité à 0,092 \$ par kWh ;
- Le tarif moyen de l'électricité aux États-Unis est de 0,098 USD par kWh ;
- À New York, qui est l'un des principaux clients d'Hydro-Québec, ce tarif est de 0,14 USD par kWh.

D'autres compagnies canadiennes appliquent la technologie de la gazéification au plasma. PyroGenesis Inc., basée à Montréal, met au point et commercialise des technologies qui recourent à la chaleur intense du plasma pour convertir des déchets en énergie et en matériaux utiles. Des applications terrestres permettent de traiter une vaste gamme de matières résiduelles (déchets industriels, matières dangereuses, déchets biomédicaux et déchets municipaux). La compagnie PyroGenesis a également développé des applications marines permettant de traiter des déchets à bord de navires. La compagnie est fière de compter parmi ses clients deux des plus grandes flottes de navires au monde, soit le croisiériste Carnival Cruise Lines et la marine américaine, qui l'a sélectionnée parmi 35 concurrents, preuve de l'excellence de son *Système de destruction des déchets par arc de plasma* (PAWDS). Le système PAWDS peut être installé rapidement et utilisé à bord par les marins après seulement cinq jours de formation. Actuellement, la compagnie PyroGenesis commercialise surtout les systèmes PAWDS, mais elle aimerait élargir ses applications terrestres aux déchets municipaux. Une installation-pilote capable de traiter quatre tonnes par jour a été montée dans leur usine. La compagnie dit pouvoir fabriquer des unités capables de traiter 200 tonnes par jour, qui seraient commercialisées sous le nom de Systèmes de valorisation de déchets par plasma (VPD), dénommés ainsi parce que tous les sous-produits sont récupérés : les métaux, les résidus vitrifiés (destinés au secteur de la construction) et les gaz de synthèse (pour la production d'électricité).

Il existe partout dans le monde un grand nombre d'autres compagnies traitant des déchets municipaux avec la gazéification au plasma. L'un des chefs de file dans ce secteur est la compagnie américaine Westinghouse Plasma Corporation. Depuis cinq ans, l'entreprise japonaise Hitachi Metals exploite trois usines de gazéification en utilisant la torche au plasma de Westinghouse. La plus grande de ces trois usines peut traiter 300 tonnes de déchets municipaux par jour.

La gazéification au plasma est donc une option viable et recommandable pour traiter les matières résiduelles municipales. Elle peut également servir à traiter toutes sortes de matériaux, y compris ceux ayant un contenu énergétique élevé tels que les plastiques non recyclables et les pneus. Elle peut enfin traiter les matières dangereuses, les déchets médicaux, etc. et devrait être employée couramment à cette fin.

Recommandation 19 : *Demander à Hydro-Québec d'acheter l'électricité produite par gazéification au plasma à un tarif allant jusqu'à 0,11 \$ par kilowatt-heure afin de permettre à cette technologie de réduire les tarifs d'élimination des matières résiduelles payés par les municipalités et de favoriser leur traitement à proximité des centres de masse*

Recommandation 20 : *Prendre des mesures incitatives en faveur de la gazéification au plasma également pour le traitement des matières dangereuses*

4.8.1.2 La gazéification aux fins de production d'éthanol

On peut aussi valoriser les déchets municipaux en les gazéifiant pour produire un carburant propre connu sous le nom d'éthanol. Une entreprise québécoise de Sherbrooke, Enerkem Technologies Inc, s'est spécialisée dans ce secteur. Fondée en 2000, elle est financée par Innovatech Sud du Québec, par le Fonds de solidarité FTQ et par des fonds de capital-risque privés de New York. Dans son usine-pilote de Sherbrooke (que nous avons visitée), la chaleur sert à gazéifier les déchets préconditionnés – et ce, en absence d'oxygène (pyrolyse). Le jour de notre visite, l'usine-pilote était en service et utilisait du bois contaminé comme source de chaleur. Ce bois est préconditionné pour avoir les dimensions requises avant d'être gazéifié. C'est ensuite au gaz lui-même de subir un processus de conditionnement. L'humidité en est retirée. Le matériau inerte recouvert d'une couche de carbone est extrait (sous forme de poudre) et peut être utilisé dans la fabrication du béton et de l'asphalte ou, au besoin, enfoui sans danger. Le principal produit de valeur que l'entreprise cherche actuellement à fabriquer est de l'éthanol, qu'elle obtient après une étape préliminaire de production de méthanol. Enerkem pourrait tout aussi bien utiliser le gaz pour produire de la chaleur et de l'électricité, mais la compagnie estime que l'éthanol est d'une valeur bien supérieure et répond mieux aux besoins du Québec, où le coût de la production renouvelable d'électricité est faible.

Revenons au traitement des 100 tonnes de déchets décrit à la Section 4.6. Les 40 tonnes de peluche ou matière floconneuse (*fluff*) utilisées dans le procédé Enerkem produiraient environ 14 000 litres d'éthanol, d'une valeur de 0,65 \$ le litre. L'éthanol peut être soit mélangé à l'essence (et la rendre plus propre) soit utilisé pour alimenter une installation de traitement. En Ontario, où le coût de l'électricité est plus élevé, le Plasco Energy Group se sert du gaz pour produire de

l'électricité (environ 40 000 kilowatts-heure, au prix de vente de 0,11 \$ par kilowatt-heure). À titre de comparaison, la production d'éthanol donnerait environ 9 000 dollars, tandis que la production d'électricité en Ontario donnerait 4 400 dollars. L'éthanol est donc un produit d'une valeur supérieure.

Enerkem est à pied d'œuvre sur les bords de la Tamise à Londres (Angleterre) et à Edmonton (Alberta) depuis un certain nombre d'années. À Londres, Enerkem a établi un contrat de licence pour une centrale électrique de 10 MW utilisant des déchets municipaux. À Edmonton, Enerkem travaille au développement d'une centrale de production de méthanol (construction en 2008-2009), puis d'éthanol. Edmonton a mis sur pied une société publique pour prétraiter les matières résiduelles qui serviront à alimenter l'usine de gazéification. Enerkem collabore étroitement avec la compagnie Greenfield Ethanol, qui finance, à Westbury (Québec), la construction de l'usine que Enerkem vient d'y lancer, le 15 octobre. Cette usine aura une capacité de 60 tonnes et sera alimentée par de la cellulose. Elle pourrait recevoir les matières résiduelles de l'Outaouais acheminées par voie ferrée.

Enerkem serait en mesure de financer, conjointement avec Greenfield, la construction d'autres usines au Québec. Dans le cas du traitement des matières résiduelles municipales, Enerkem a une préférence pour un partenariat entre les secteurs public et privé, qui, selon nos interlocuteurs, répondrait mieux au désir de contrôle des municipalités. Pour construire une usine, cependant, Enerkem doit pouvoir compter sur un approvisionnement sûr en matières résiduelles. L'usine permettrait de créer une cinquantaine d'emplois pour une mise en service à pleine capacité, incluant le tri et les autres traitements susmentionnés. La taille des usines dépendrait des besoins. Pour une usine pouvant traiter 100 000 tonnes de matières résiduelles par an, Enerkem pense pouvoir offrir un coût d'élimination de 45 \$ la tonne. *À noter que cette capacité équivaut au volume des déchets solides municipaux qui seraient générés dans l'Outaouais après l'atteinte des objectifs de recyclage et de réemploi.*

Une usine capable de traiter 100 tonnes de déchets municipaux solides triés par jour et de produire de l'éthanol nécessiterait une superficie inférieure à 4 000 m² (un acre). Cela n'inclut pas le tri ni le prétraitement servant à produire le résidu de déchetage. Avec ces deux étapes supplémentaires, la superficie totale requise serait un peu moins de 1,4 ha (3,5 acres).

La technologie mise au point par Enerkem est donc une option valable pour le traitement des matières résiduelles municipale. La production du biocarburant éthanol répond à en effet à tous les critères fixés.

Recommandation 21 : *Pour le cas où l'option de la gazéification aux fins de production d'éthanol serait retenue, adopter une stratégie de production d'éthanol à partir de déchets (municipaux, forestiers, etc.) et ajouter ce produit aux carburants pour les rendre moins polluants*

4.8.2 L'incinération

Dans certains pays, comme la Suède ou la République fédérale d'Allemagne, il est désormais interdit d'enfouir les déchets ayant une valeur énergétique. Plusieurs autres pays européens sont sur le point de taxer l'enfouissement de déchets à pouvoir énergétique ou de l'interdire purement et simplement.

Comme nous l'avons vu plus haut (Section 4.5), les matériaux actuellement enfouis au Canada ont de hautes valeurs énergétiques. Les plastiques, en particulier, ont pratiquement la même valeur calorifique que le mazout n° 2. *Et, pourtant, même après recyclage, environ 60 % des déchets plastiques aboutissent, au Canada, dans des sites d'enfouissement, où leur valeur énergétique est ainsi gaspillée.* L'enfouissement n'est donc pas une bonne solution pour l'élimination de déchets ayant un pouvoir énergétique.

L'incinération moderne permet de récupérer l'énergie générée par l'échauffement des gaz de combustion. C'est une technologie largement utilisée en Europe, notamment en Suède et en République fédérale d'Allemagne. Dans les années 1980, le mot « incinération » est devenu le symbole de pollution environnementale, et le mot « dioxine », toujours associé à la combustion de déchets, suscite encore des craintes aujourd'hui. En 2004, l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA) a mis à jour ses données sur les sources de dioxine : aux États-Unis, le brûlage de déchets en citerne dans un jardin représentait 628 grammes de TEQ⁹ par an, *faisant de ce type de brûlage la principale source de dioxines aux États-Unis.* L'incinération de déchets municipaux en circuit fermé (dans des incinérateurs) ne représentait, en revanche, que 12 grammes de TEQ de dioxines par an (soit 500 fois moins). Aux États-Unis, les feux de bois dans un foyer ou un poêle à bois produisaient 62,9 grammes de TEQ de dioxines en 2004, soit une quantité supérieure à celle produite par les centrales au charbon (60,1 grammes TEQ).

Les nouvelles usines d'incinération répondent aux normes d'émission fixées en Amérique du Nord et en Europe (elles sont comparables). Ces incinérateurs modernes brûlent les déchets en circuit fermé à des températures pouvant atteindre 1 100 °C, avec excès d'air. Les gaz émis sont, entre autres, du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau. Le gaz est d'abord épuré à la pression atmosphérique, puis soit libéré dans l'atmosphère soit récupéré pour générer de l'électricité (lorsque les incinérateurs sont de grande taille). Le soufre, lui, est converti en SO₂. Les métaux contenus dans les déchets ne sont pas fondus : on peut les retirer de la base de l'incinérateur et les recycler. Les cendres volantes épurées provenant des gaz de combustion constituent un sous-produit pouvant servir à fabriquer du béton.

4.8.2.1 L'exemple de la Suède

En Suède, plus de 90 % des déchets urbains solides sont recyclés, réutilisés ou valorisés (le plus souvent convertis en chaleur (et eau chaude) ou en électricité par des procédés d'incinération ultramodernes.

En 2005, la Suède a interdit l'enfouissement de matières résiduelles putrescibles. Les déchets urbains solides sont convertis par incinération en chaleur et en électricité, alimentant ainsi des centaines de milliers de foyers suédois grâce à un système de distribution d'énergie par districts urbains (voir la Section 4.8.3 sur la cogénération).

⁹ TEQ = teneur en équivalents toxiques à la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD) calculés selon le système d'équivalence international élaboré en 1989 par le Comité de l'OTAN sur les défis de la société moderne et adopté par le Canada en 1990

Ce sont aujourd'hui plus de 50 % de tous les déchets urbains solides que ces usines d'incinération convertissent ainsi en chaleur ou en électricité, générant 11,1 térawatts/heure d'énergie (chiffres pour 2005 publiés dans le rapport annuel de la *Swedish Waste Management*¹⁰).

Nous l'avons dit plus haut, l'incinération a souvent mauvaise presse, parce qu'elle véhicule encore l'image des incinérateurs polluants des années 1980 et 1990. La technologie a cependant fait depuis des progrès considérables au niveau de la purification des gaz, progrès qui ont permis de réduire considérablement les émissions de dioxines et de furanes. Ainsi, la plupart des émissions de polluants ont diminué de 90 à 99 % depuis le milieu des années 1980 en Suède. Qu'on en juge : il y a 16 ans, 18 incinérateurs suédois émettaient un total de 100 grammes de dioxines chaque année. Aujourd'hui, les émissions totales de dioxines des 29 incinérateurs suédois de déchets se montent à seulement... 0,7 grammes. Et ces incinérateurs ont simultanément plus que doublé le montant de l'énergie produite en 1985.

Pour le Premier secrétaire de l'Ambassade de Suède à Ottawa, incinérer présente non seulement des avantages environnementaux certains, c'est aussi une affaire très lucrative. Dans un article paru le 10 mai 2006 dans le *Toronto Star*¹¹, il dit ne pas comprendre la réticence des Canadiens face à cette technologie et donne l'exemple de l'usine d'incinération de la ville suédoise de Sävsnäs. Située à seulement 200 m d'un quartier résidentiel, cette usine incinère 460 000 tonnes de déchets par an, qu'elle convertit en chaleur et en électricité. L'usine a coûté 286 millions de dollars. Avec des revenus annuels oscillant entre 36 millions et 80 millions, l'investissement initial est récupéré en moins de 10 ans.

Deux usines d'incinération ultramodernes ont été récemment construites à 5 km seulement du centre-ville de Malmö (sud de la Suède). Elles permettent d'extraire, à partir de trois tonnes de déchets urbains solides et industriels, l'équivalent énergétique d'une tonne de pétrole. Ces deux usines, qui incinèrent 200 000 tonnes de déchets par an, sont la propriété commune de neuf municipalités de la région (500 000 résidents). La chaleur produite (600 000 mégawatts-heure par heure) sert à chauffer tout un district¹². On parle à ce propos de l'alchimie de l'incinération des déchets : déchets = énergie = revenus.¹³ La plus grande partie des rebuts de l'incinération (scories) sont utilisés dans la fabrication de gravier pour la construction de routes.

4.8.2.2 L'exemple de la République fédérale d'Allemagne

Depuis juin 2005, la R.F.A. interdit l'enfouissement des déchets urbains et industriels qui ne sont pas traités au préalable par un procédé thermique ou par un procédé mécanique et biologique élaboré permettant de les transformer en une substance semblable à de la terre qui ne présente plus aucun danger pour l'environnement.

La R.F.A. compte abolir totalement l'enfouissement dès 2020. Cette mesure contribuera non seulement à empêcher la pollution des nappes souterraines, mais également la pollution atmosphérique, puisque le méthane produit lors de la décomposition des matières enfouies est

¹⁰ http://www.avfallsverige.net/se/netset/files3/web/P01.m4n?download=true&id=1115_49331357

¹¹ http://www.swedenabroad.com/Page_____51405.aspx

¹² <http://dbdh.dk/images/uploads/pdf-abroad/waste-incineration-in-malmoe.pdf>

¹³ <http://www.djc.com/news/en/11158026.html>

21 fois plus nocif que le dioxyde de carbone (CO₂)¹⁴.

Tout comme pour Environnement Canada¹⁵, la *American Society of Civil Engineers*¹⁶ et l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA)¹⁷, le ministère allemand de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sécurité nucléaire estime que «les sites d'enfouissement ne peuvent protéger l'environnement à long terme en dépit des progrès réalisés dans les techniques d'enfouissement (géomembranes, traitement du lixiviat et collecte du méthane). Et, après leur fermeture, ce sont les générations futures qui héritent de ces sites contaminés.» [Notre traduction]

Il convient de noter ici qu'aux audiences du BAPE (juin 2007) sur le projet de lieu d'enfouissement régional de Danford Lake, le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec lui-même reconnaissait qu'il avait intérêt à vendre au promoteur le terrain projeté pour le projet et non pas à « *conserver un terrain public susceptible d'être contaminé à la fin de son utilisation* »¹⁸.

Selon un document sur l'incinération moderne publié par le ministère allemand de l'Environnement et intitulé [notre traduction] *Dire adieu aux émissions de dioxines*¹⁹, il a été possible, grâce à l'installation de filtres ultrapuissants, de faire chuter les émissions totales de dioxines provenant des 66 usines d'incinération allemandes de 400 grammes (en 1990) à moins de 0,5 grammes (en 2000). C'est d'ailleurs pourquoi le Parti vert allemand, héraut de l'environnement, préconise l'interdiction de l'enfouissement d'ici 2020 et la conversion énergétique des déchets par les nouveaux procédés d'incinération²⁰, rejoignant sur ce point – une fois n'est pas coutume – la position officielle du gouvernement allemand²¹.

4.8.2.3 L'exemple de L'Ontario

À l'usine de conversion énergétique des déchets de la région de Peel (Algonquin Power Energy from Waste Facility), les déchets municipaux sont également incinérés pour produire de l'énergie (cogénération).

¹⁴ http://www.cleaner-production.de/fileadmin/assets/pdfs/73_Engl_broschuere_abw_deutschland_01.pdf

¹⁵ « ... on s'est rendu compte qu'aucun site d'enfouissement à parois étanches artificielles ne pourra être parfaitement étanche et qu'il y aura donc libération de lixiviat dans l'écosystème. Ce lixiviat s'échappant du site aura inévitablement une incidence sur la qualité de l'eau et nécessitera l'installation d'un système d'assainissement coûteux et souvent inefficace. » [page Web de 2006, aujourd'hui supprimée]

¹⁶ «Even in pristine condition, liners made of HDPE (high density polyethylene)* can be expected to leak at the rate of 200 liters per hectare per day.» Source : Bonaparte, R. and Gross, B. (1990). *Field behaviour of double-liner systems*. In: R. Bonaparte (Ed): *Waste containment systems: construction, regulation and performance*. American Society of Civil Engineers, Geotechnical special publications No. 26, pp. 52-83

¹⁷ «[...] even the best liner and leachate collection systems will ultimately fail due to natural deterioration [...]» Source : *US Environmental Protection Agency*, Federal Register, Vol. 53, No. 168, August 30, 1988

¹⁸ Réponse (du 01.06.2007) de M. Laurent Massicotte, directeur régional, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, à une question du BAPE (document DQ4.1 disponible à http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/LET-danford-lake/documents/liste_docDT-DQ-DM.htm#DQ)

¹⁹<http://www.wrsi.info/papers/WRSI%20German%20EPA%20emissions%20study.pdf>

²⁰ <http://www.wrsi.info/papers/WasteDisposalPositiono.pdf>

²¹ <http://www.wrsi.info/papers/LetteronGHGs.pdf>

Environ deux tiers de ces déchets proviennent des résidences de Brampton et de Mississauga. L'usine peut produire jusqu'à 9 mégawatts d'électricité. Chaque année, elle en produit suffisamment pour alimenter 6 000 foyers²².

4.8.3 La cogénération (production combinée de chaleur et d'électricité)

La cogénération permet de valoriser et redistribuer l'énergie générée durant l'incinération ou la gazéification de biomasse ou de déchets municipaux. Elle permet donc de produire simultanément de l'électricité et de la chaleur et d'optimiser les coûts d'installation et les rendements énergétiques dans les réseaux de chauffage urbains comme sur les sites industriels. En résumé, on pourrait dire que la cogénération permet d'optimiser l'efficacité énergétique de l'incinération ou de la gazéification des matières résiduelles municipales, qui constituent un gisement considérable d'énergie renouvelable.

Des systèmes de cogénération ont été établis à Markham, Sudbury, Cornwall, Hamilton, London, Windsor (Ontario) et à Charlottetown (Île-du-Prince-Édouard).

Les systèmes énergétiques centralisés alimentés à la biomasse (copeaux de bois + déchets municipaux) comme celui de Charlottetown offrent de nombreux avantages environnementaux, entre autres :

- la réduction des émissions de CO₂, de SO_x et de NO_x;
- la réduction des risques de déversement et de fuite de combustibles liquides des systèmes de chauffage des bâtiments ;
- l'amélioration de la qualité de l'air de l'environnement ;
- la réduction du site d'enfouissement municipal et des impacts environnementaux connexes (l'utilisation des déchets municipaux réduit la surface du site d'enfouissement d'environ 90 p. 100) ;
- la contribution significative à l'engagement du Canada de réduire les émissions de GES.

Recommandation 22 : *Prendre des mesures incitatives en faveur de l'incinération moderne et de la cogénération*

Recommandation 23 : *Rendre les normes québécoises en matière d'incinération plus rigoureuses afin de tenir compte des progrès accomplis avec cette technologie*

5. Élimination des matières résiduelles : résidus solides et boues municipales

La mise en œuvre de programmes de réemploi, de recyclage et de compostage permettra de détourner de l'enfouissement un volume croissant de matières résiduelles. L'extraction de l'énergie contenue dans les déchets ultimes (au moyen de technologies telles que la gazéification, simple ou au plasma, ou de l'incinération moderne) aux fins de production d'électricité ou d'éthanol permettra, elle, de réduire à la portion congrue les déchets ultimes.

²² <http://www.region.peel.on.ca/pw/waste/garb-recy/2007-brochure/pdfs/waste-facilities.pdf>

5.1 Résidus solides

Dans la gazéification au plasma, par exemple, le résidu solide obtenu en bout de ligne est inférieur à 20 % du poids initial. Ce résidu inerte peut être utilisé dans le secteur de la construction. La portion infime qui ne peut être réutilisée peut être enfouie sans aucun danger pour l'environnement puisque le matériau est inerte.

5.2 Boues municipales

Les boues sont le sous-produit d'un certain nombre de procédés industriels (industrie des pâtes et papiers, abattoirs, boues d'usines d'assainissement des eaux usées), et il est important de les traiter comme il faut. Par bonheur, il existe aujourd'hui une technologie mise au point par le Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE) d'Hydro-Québec. Après l'avoir fait breveter, Hydro-Québec a signé un contrat de licence avec Fabgroups Technologies Inc., une compagnie québécoise sise à Saint-Laurent.

Ils appellent leur procédé de traitement des boues «oxydation humide assistée par plasma (OHAP)»²³. Selon la compagnie, il permet de réduire de 95 % le volume des boues traitées, il est peu énergivore, produit des cendres inertes, réduit considérablement les gaz à effet de serre et permet de récupérer la chaleur sous forme de vapeur. Le procédé est censé pouvoir oxyder les boues provenant des secteurs municipal, agricole et industriel. Le procédé OHAP repose sur un four rotatif à pression atmosphérique qui fonctionne à des températures variant entre 500 °C et 600 °C et qui est équipé d'une torche à plasma à l'air. L'arc de plasma favorise le processus d'oxydation en générant des rayons ultraviolets, ainsi que des composés ioniques et radicaux hautement actifs qui catalysent les réactions de craquage et d'oxydation. La valeur calorifique des boues organiques sert à générer chaleur et vapeur. Voici la liste des principales applications de cette technologie dressée par Hydro-Québec

Secteurs visés et applications

Pâtes et papiers	Boues primaires et secondaires
Secteur municipal	Boues d'usines d'assainissement des eaux usées
Agro-alimentaire	Boues contenant graisses, protéines, glucides
Autres secteurs liés à l'environnement	Stabilisation de résidus
	Boues à fortes charges polluantes

Le recours à cette technologie pour le traitement des boues devrait faire partie intégrante de toute politique de réduction des déchets et les usines devraient être situées près des centres de masse ou des sites industriels.

Recommandation 24 : Faire en sorte que le procédé OHAP fasse partie intégrante de toute politique de réduction des déchets et créer des installations près des principaux centres urbains ou industriels

²³ <http://hydropowersolutions.com/grandesentreprises/pdf/oxydation.pdf>



Extrait du procès-verbal de l'assemblée générale annuelle de la Fédération québécoise des municipalités tenue le 29 septembre et le 1^{er} octobre 2016 au Centre des congrès de Québec.

RÉSOLUTION AGA-2016-09-29/13

**Nouvelles technologies de valorisation
des matières résiduelles**

CONSIDÉRANT que le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques a mis en place un programme d'aide financière pour soutenir les initiatives des demandeurs municipaux et privés pour la mise en place d'installations de traitement des matières organiques en vue du recyclage du compost et du digestât ainsi que le remplacement de combustible fossile par biogaz;

CONSIDÉRANT que ce programme vise deux objectifs, à savoir :- Réduire la quantité de matières organiques destinées à l'élimination afin de favoriser la réalisation des objectifs environnementaux prévus dans la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles.- Réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) afin de contribuer aux objectifs en matière de lutte contre les changements climatiques.

CONSIDÉRANT que pour être admissibles à ce programme, les matières organiques doivent être traitées par un procédé de biométhanisation ou de compostage;

CONSIDÉRANT qu'il existe d'autres technologies pouvant permettre d'atteindre et même dépasser les performances visées par ce programme;

CONSIDÉRANT que le Programme actuel de traitement de matières organiques par biométhanisation et compostage (PTMOBC) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) concernant le traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage :

- Ne répond pas aux besoins régionaux et contraint les Plans de gestion des matières résiduelles (PGMR) à faire du compostage et à produire de l'engrais à partir des matières organiques dont disposent déjà en abondance les régions agricoles
- Que les distances élevées à parcourir en région et les faibles quantités de matières organiques générées localement ne justifient pas le coût des investissements majeurs requis pour les installations
- Que les coûts de fonctionnement estimés de ces installations entraînent des hausses de taxes significatives pour les contribuables.
- Que l'implantation du programme générerait des GES supplémentaires, lesquels doivent être bannis selon la Conférence de Paris et qu'ils peuvent être évités par la mise en place d'une nouvelle technologie comme envisagé dans le projet du Centre régional intégré de traitement à Saint-Lambert-de-Lauzon (le meilleur exemple : le procédé Thermoselect est utilisé depuis plus de quinze ans au Japon par JFE).



CONSIDÉRANT que les coûts d'utilisation de la gazéification à haute température sont comparables, sinon moindres, aux coûts actuels de l'enfouissement et de l'incinération et qu'ils seraient encore plus faibles si cette technologie recevait le même soutien financier que le Programme PTMOBC accorde actuellement à la biométhanisation et au compostage, soit 66 % des coûts de mise en place;

CONSIDÉRANT que le procédé de gazéification haute température en trois phases permet un détournement de l'enfouissement de 100 % puisqu'il constitue une étape ultime dans la gestion des matières résiduelles puisque les extrants solides (granulats, minéraux, métaux) étant valorisables;

CONSIDÉRANT que le procédé de gazéification haute température permet une double valorisation énergétique avec du syngaz de haute qualité et de la chaleur sous forme de vapeur et d'eau chaude en circuit fermé;

CONSIDÉRANT qu'un projet d'usine de gazéification haute température permet de produire des biocarburants, de l'urée et des engrais, réduisant ainsi notre dépendance aux énergies fossiles importées;

CONSIDÉRANT que le projet est un moteur de développement économique régional majeur incomparable qui contribue à l'atteinte des principes de base d'un développement économique tels qu'énoncés par le MDDELCC;

CONSIDÉRANT que l'enfouissement est une aberration environnementale et qu'il est grand temps de suivre l'exemple de nombreux pays qui l'ont banni, dont l'Allemagne et le Japon, et de se joindre à l'ensemble de la communauté européenne qui étudie actuellement le bannissement de l'enfouissement;

CONSIDÉRANT que l'énergie produite par la gazéification à haute température permet aussi de supporter l'éclosion de la production industrielle de produits biologiques en serre, secteur déficient dans plusieurs régions et accusant un retard par rapport à d'autres provinces canadiennes, ce qui permettrait la production de denrées alimentaires dans des environnements contrôlés exempts des impacts occasionnés par les changements climatiques;

CONSIDÉRANT que la gazéification à haute température ne compromet pas les activités de récupération conventionnelle et les centres de tri qui y sont reliés;

CONSIDÉRANT que le projet de gazéification à haute température est porteur d'une innovation qui permettra des retombées économiques, commerciales, éducatives, scientifiques et de tourisme technologiques importants et permanents pour les régions du Québec;

Il est proposé par : M. François Barret, maire de Saint-Lambert-de-Lauzon

Et appuyé par : M. Arnaud Warolin, préfet de la MRC du Témiscamingue



QUE la Fédération québécoise des municipalités (FQM) demande au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) de bonifier son programme d'aide financière du Programme de traitement de matières organiques par biométhanisation et compostage (PTMOBC) afin de l'élargir à d'autres procédés de transformation qui atteindraient et même dépasseraient les objectifs de ce programme, dont la technologie de gazéification à haute température.

DE DEMANDER au MDDELCC qu'il investisse davantage dans la recherche et les nouvelles technologies afin de mieux accompagner les municipalités dans l'atteinte des objectifs visant la valorisation des matières organiques.

DE DEMANDER au MDDELCC qu'il dépose sa Stratégie de bannissement des matières organiques, initialement prévue pour 2012, et qu'il prenne ses responsabilités afin que les MRC et municipalités n'aient plus à porter seules le poids de ce virage important.

QUE la FQM demande au gouvernement d'adopter, d'ici au printemps 2017, les modifications au Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles en spécifiant les critères de reconnaissance de la valorisation énergétique des matières résiduelles.

Adoptée à l'unanimité

Copie vidimée de la résolution AGA-2016-09-29/13 adoptée par l'assemblée générale annuelle de la Fédération québécoise des municipalités tenue le 29 septembre et le 1^{er} octobre 2016.



SYLVAIN LEPAGE

Directeur général et
Secrétaire-trésorier de la corporation



Date



Extrait du procès-verbal de l'assemblée générale annuelle de la Fédération québécoise des municipalités tenue les 28 et 30 septembre 2017 au Centre des congrès de Québec.

RÉSOLUTION AGA-2017-09-28/10
Nouvelles technologies de valorisation
des matières résiduelles

CONSIDÉRANT QUE le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) ne semble pas avoir donné suite à la résolution unanime de l'assemblée générale annuelle de la Fédération québécoise des municipalités du 29 septembre 2016 concernant l'élargissement des techniques de traitement des matières résiduelles tel que proposé par la MRC de La Nouvelle-Beauce;

CONSIDÉRANT QUE le MDDELCC a maintenu son verrou idéologique et a même durci et devancé ses directives pénalisantes pour les MRC qui ne se sont pas encore conformées aux directives concernant la gestion des matières putrescibles;

CONSIDÉRANT QUE la biométhanisation et le compostage qui ne correspondent pas aux besoins des citoyens et des entreprises, surtout en région agricole où les surplus de matière organique sont considérables;

CONSIDÉRANT QUE les politiques en place sont loin de rencontrer la volonté de réduction des gaz à effet de serre (augmentation du camionnage);

CONSIDÉRANT QUE des études scientifiques, telles que celle de l'Institut de recherche en économie contemporaine (IRÉC) remet sérieusement en question le programme obligatoire de biométhanisation et compostage;

CONSIDÉRANT QUE cette façon de faire représente une ingérence dans un champ de compétence municipale et qui va à l'encontre du partenariat annoncé en octobre dernier dans la Loi 122;

CONSIDÉRANT QUE la redevance à l'enfouissement et à l'incinération devait être une mesure temporaire et qu'elle a maintenant plus de dix ans;

CONSIDÉRANT QU'il serait grand temps de l'abolir et de laisser le choix aux municipalités d'utiliser les technologies innovantes pour éliminer complètement l'incinération et l'enfouissement pour que le Québec puisse être considéré comme chef de file au même titre que le Japon en matière de gestion des matières résiduelles;

CONSIDÉRANT QUE les matières résiduelles représentent une ressource énergétique considérable de remplacement pour la production de biens et services et que toutes ces technologies sont connues à l'échelle mondiale;

CONSIDÉRANT QUE la production de gaz avec les matières résiduelles pourrait éviter la production de gaz de schiste;

CONSIDÉRANT QUE Recyc-Québec dans ses mémoires (Lois 102 et 106) a émis des avis favorables à l'utilisation de technologies innovantes pour gérer les matières résiduelles;



Il est proposé par M. François Barret, maire de Nouvelle-Beauce

Et appuyé par M. Marc Corriveau, maire de Saint-Thomas dans la MRC de Joliette

DE DEMANDER que les MRC aient aussi accès aux programmes gouvernementaux;

DE DEMANDER au ministre du MDDELCC de revoir ses politiques en matière de valorisation des matières résiduelles incluant les matières de recyclage;

DE DEMANDER au ministre du MDDELCC de soutenir les municipalités qui ont investi des sommes considérables dans les mesures de recyclage;

DE DEMANDER au ministre du MDDELCC qu'il travaille plutôt à résoudre en partenariat avec les villes et municipalités les problèmes de sites sauvages trop présents un peu partout sur leurs territoires;

DE DEMANDER au ministre du MDDELCC qu'il reconnaisse et soutienne d'autres technologies pour la valorisation des matières résiduelles.

Adoptée à l'unanimité

Copie vidimée de la résolution AGA-2017-09-28/10 adoptée par l'assemblée générale annuelle de la Fédération québécoise des municipalités tenue les 28 et 30 septembre 2017



SYLVAIN LÉPAGE

Directeur général et
Secrétaire-trésorier de la corporation



Date

Analyse de cycle de vie comparative de deux filières de traitement des déchets

Présentation des résultats 2012-03-21

ellipsos

Stratégies en développement durable



But de l'étude

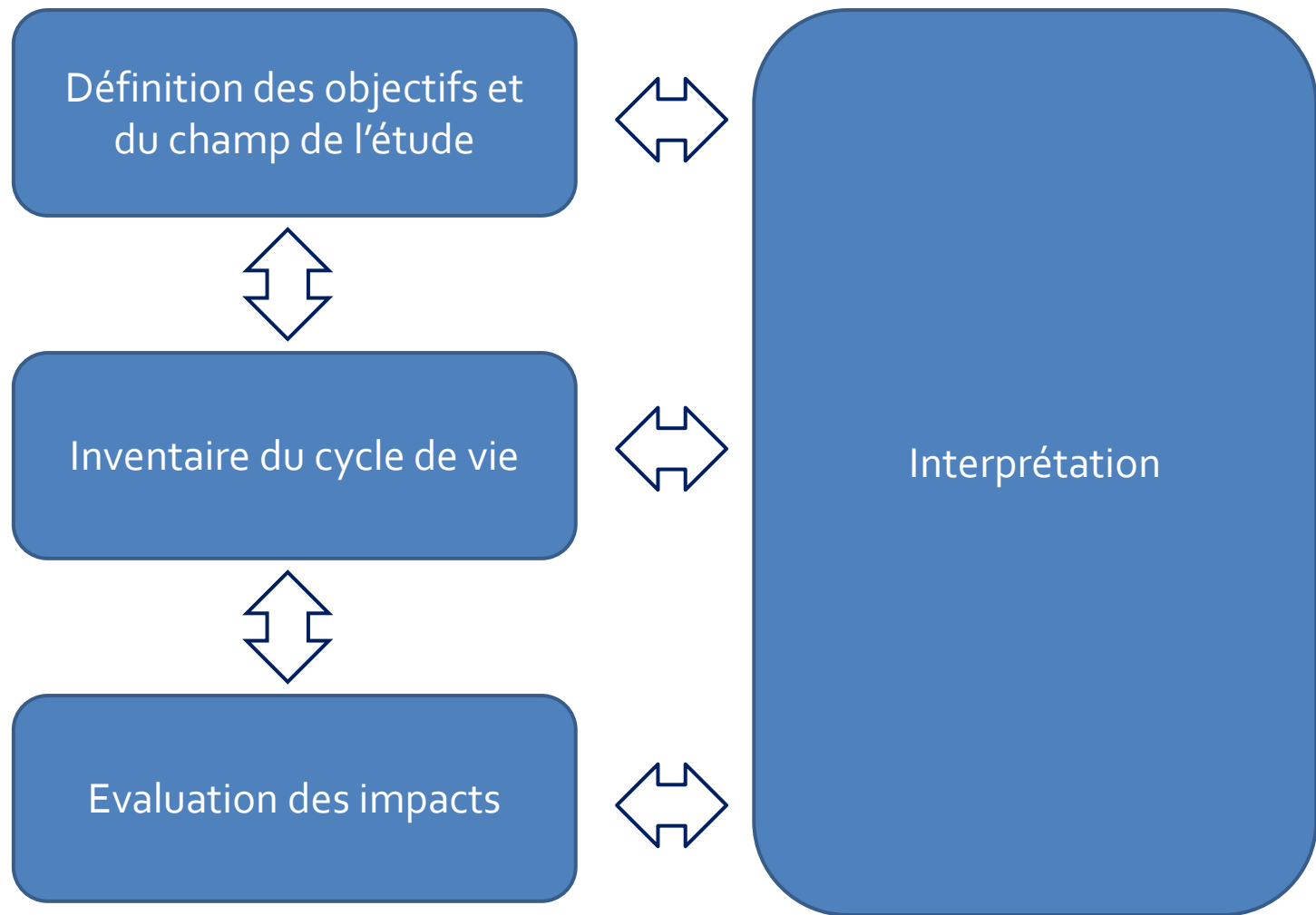
La Régie intermunicipale de gestion intégrée des déchets de Bécancour, Nicolet-Yamaska (RIGIDBNY) souhaite évaluer la possibilité de mettre en place une filière de gazéification sur son territoire.

Selon la loi sur la qualité de l'environnement (53.4.1), le traitement des matières résiduelles doit prioriser le recyclage (y compris le compostage) par rapport à la valorisation énergétique, à moins qu'une analyse basée sur l'approche cycle de vie démontre que cette seconde option est plus avantageuse d'un point de vue énergétique et des émissions de gaz à effet de serre (GES).

La RIGIDBNY souhaite donc pouvoir évaluer les impacts potentiels cycle de vie des deux scénarios de traitement des déchets suivants:

- 1 - Un scénario incluant deux modèles de traitement des déchets, soit le compostage des matières organiques et l'enfouissement des matières résiduelles restantes (collecte à trois voies).
- 2 - Un scénario de collecte à deux voies, pour lequel les matières non recyclables (incluant les matières organiques) seraient envoyées dans une usine de gazéification.

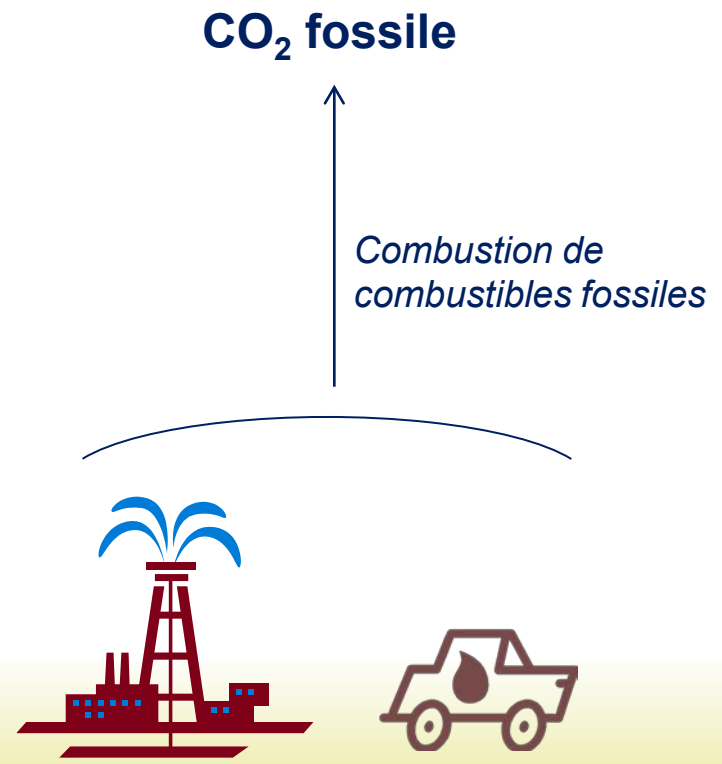
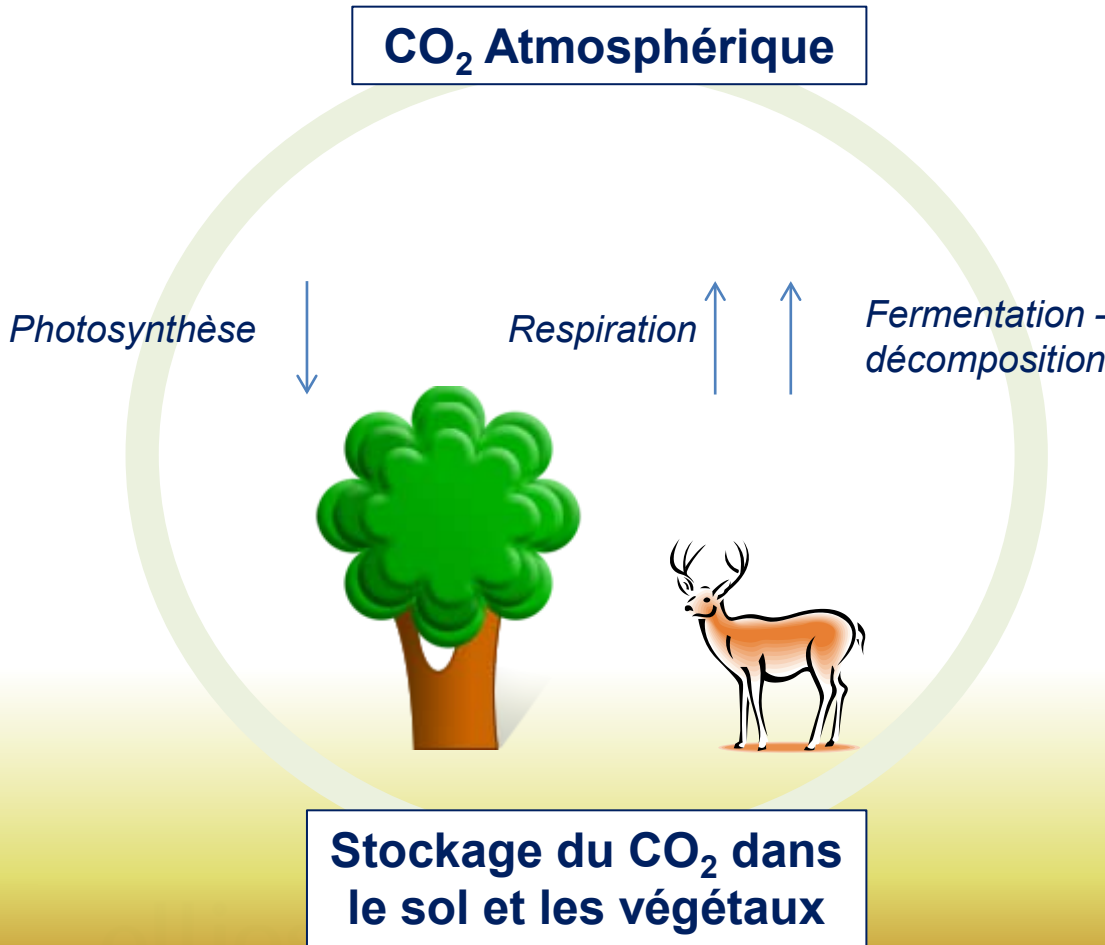
La méthodologie ACV



Le carbone biogénique

Le cycle du carbone biogénique

Les émissions de carbone fossile

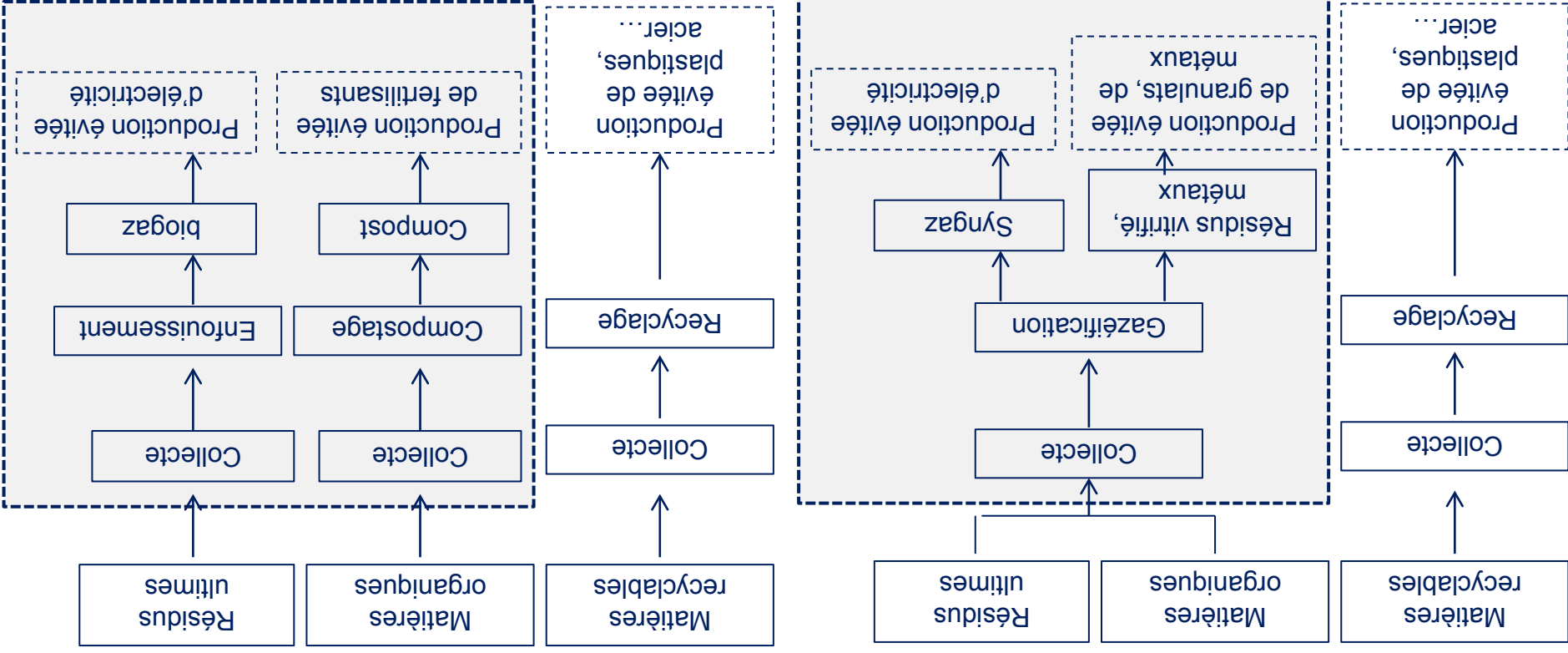


Champ de l'étude

Unité fonctionnelle

« la gestion annuelle de matières résiduelles produites sur le territoire des MRC Bécancour et Nicolet-Yamaska, soit par une population d'environ 36 000 habitants »

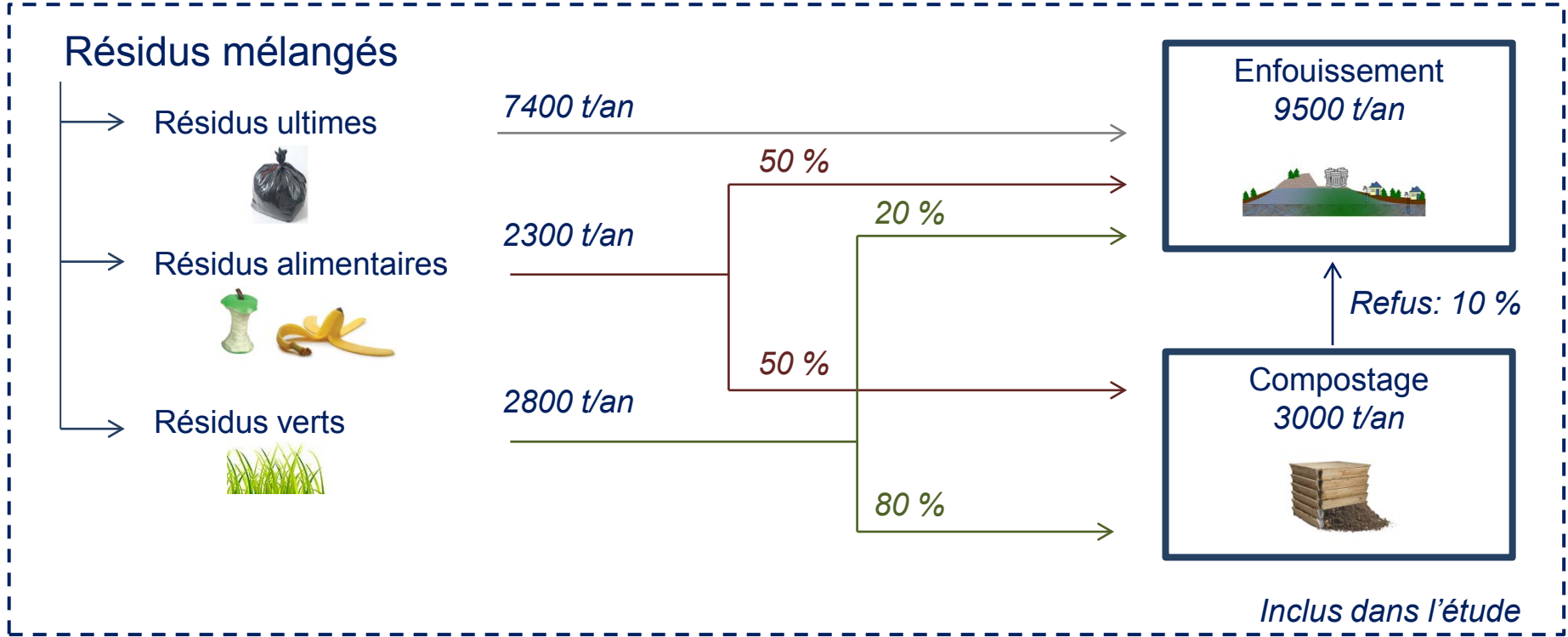
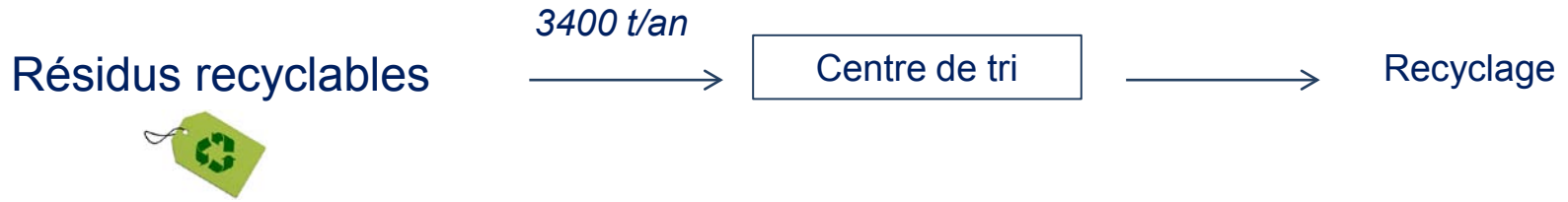
Frontière des systèmes à l'étude



Flux de référence - Gazéification



Flux de référence – Compostage et enfouissement



Le territoire de la RIGIDBNY



Description des systèmes: collecte



Distance intra-municipale : 20 km



1 collecte/semaine (été)
1 collecte/ 2 semaines (hiver)
Taux de chargement: 50 %



Distance site d'enfouissement:
60 km



Distance intra-municipale : 20 km



1 collecte/semaine (été)
1 collecte/ 2 semaines (hiver)
Taux de chargement: 30 %



Distance composteur : 60 km



Distance intra-municipale : 20 km

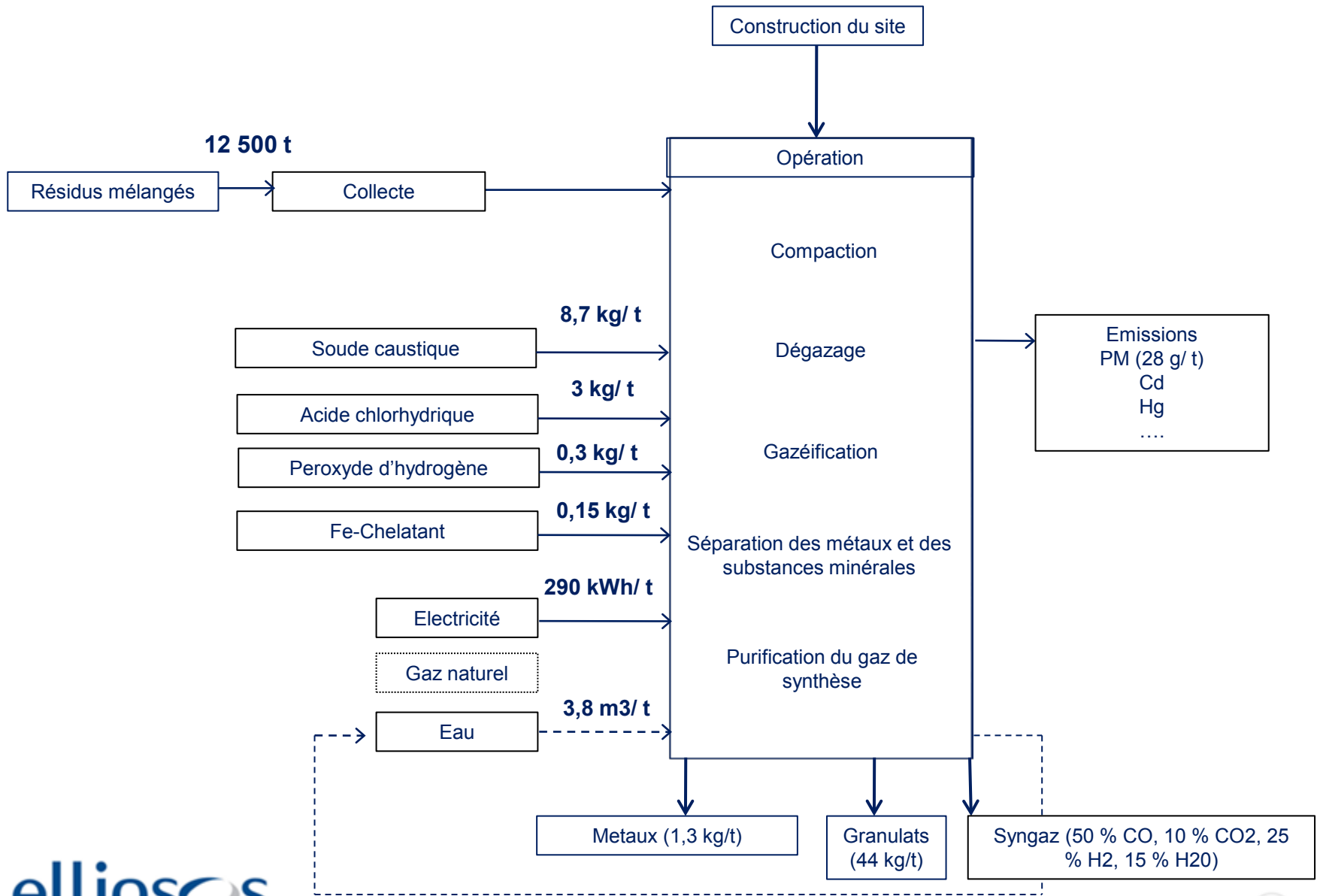


1 collecte/semaine (été)
1 collecte/ 2 semaines (hiver)
Taux de chargement: 60 %



Distance gazéificateur : 35 km

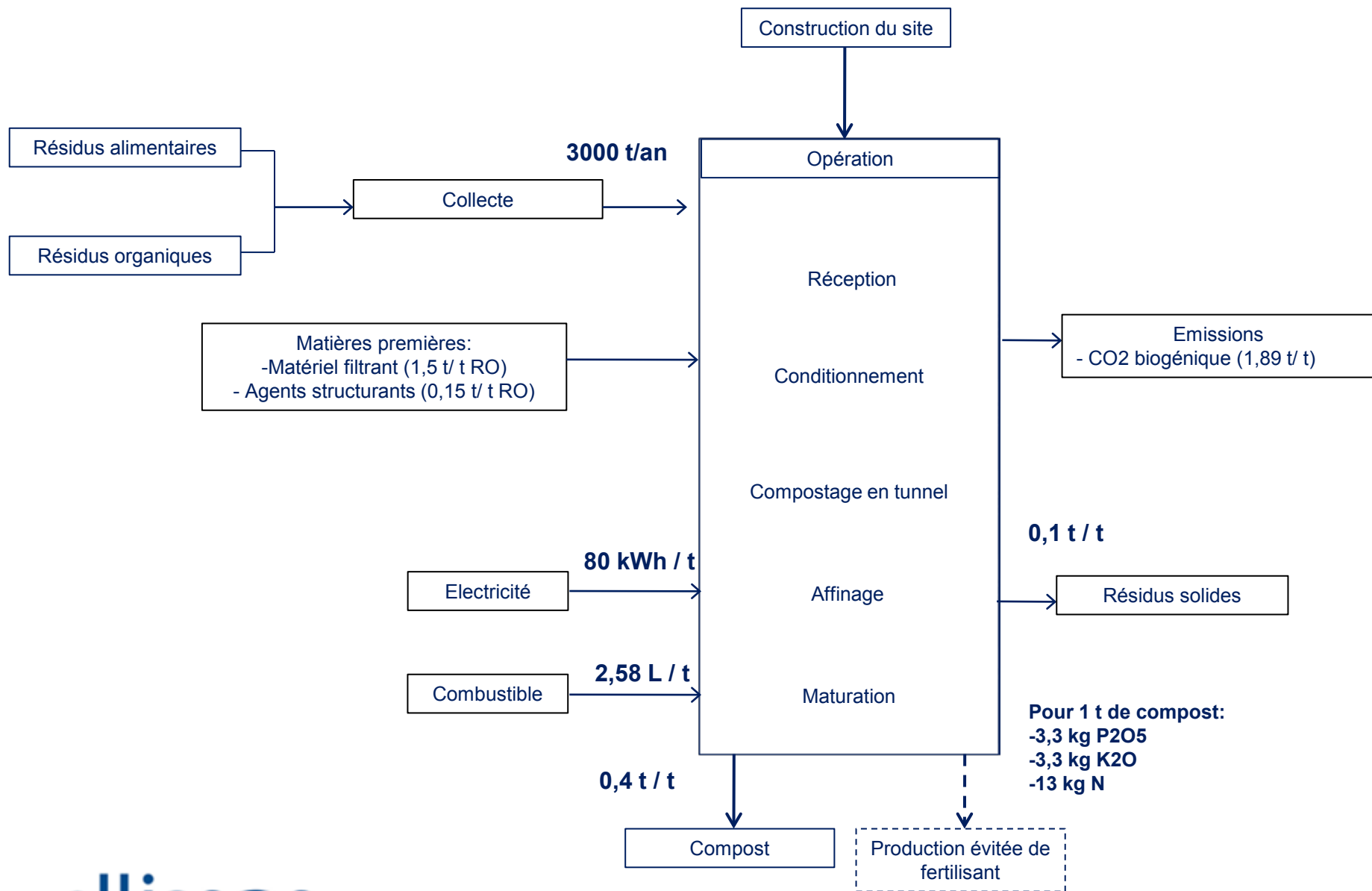
Description des systèmes: gazéification



Description des systèmes: gazéification

- Infrastructures: exclues de l'étude
- Les produits chimiques servent à neutraliser le syngaz: quantités extrapolées en fonction du volume de syngaz produit
- Demande en énergie: 75 kWh/t pour l'apport en O₂, 115 kWh /t pour les torches au plasma et 100 kWh/t pour le fonctionnement de l'usine = 290 kWh/t
- L'électricité produite par le syngaz se substitue à de l'électricité produite selon le mix énergétique Québécois
- La production d'énergie reliée à la valorisation du syngaz: 929 kWh/t, telle que calculée pour la technologie Alter NRG*.
- Production nette d'électricité: $929 - 290 = 640$ kWh/t
- La valorisation du syngaz produit du CO₂: **1350 kg CO₂/t de déchet, dont 80 % biogénique**

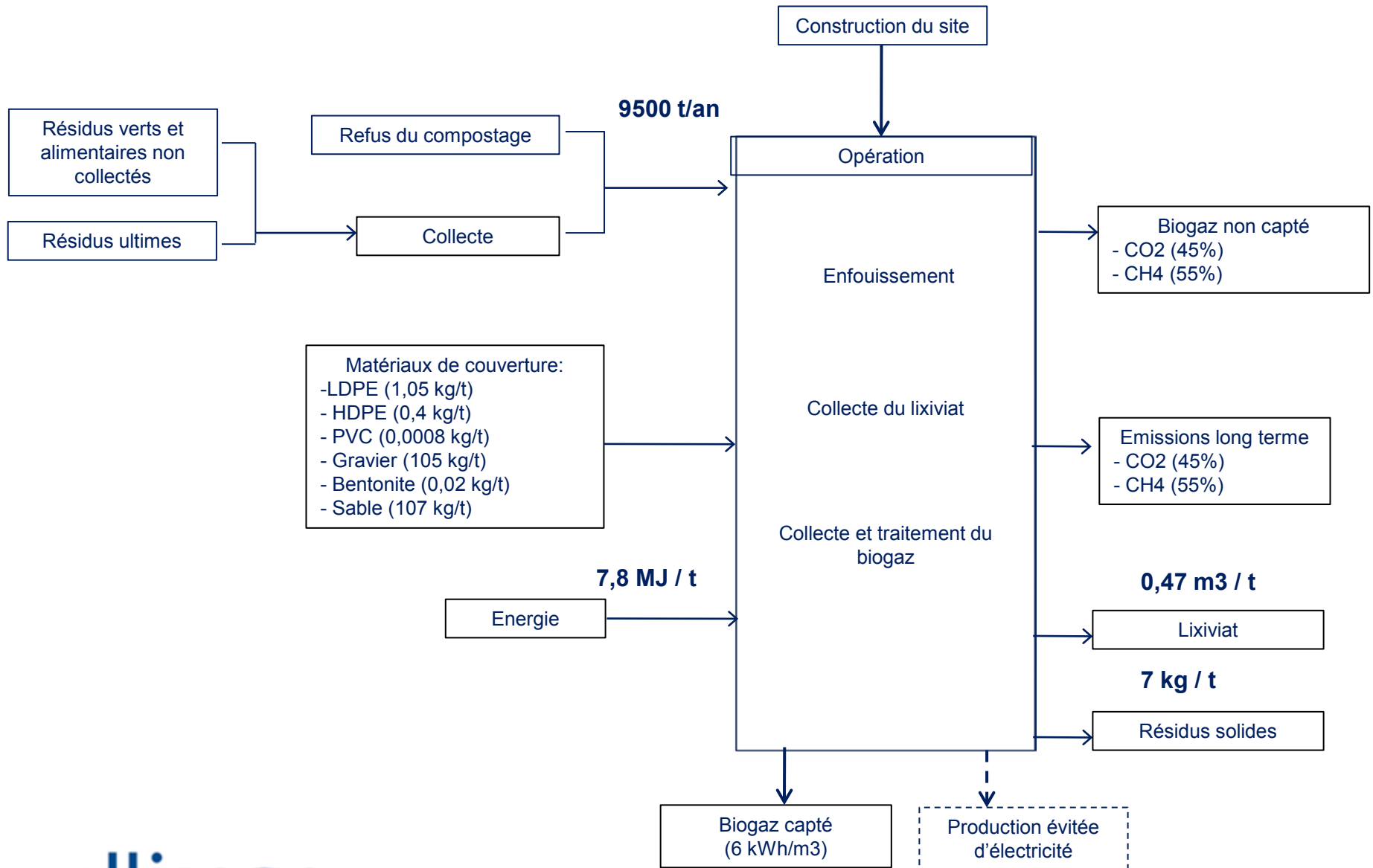
Description des systèmes: compostage



Description des systèmes: compostage

- Infrastructures: exclues de l'étude
- 50 % des résidus alimentaires et 80 % des résidus verts récupérés
- Sous-produits de l'industrie forestière = pas d'impacts alloués, à l'exception du transport
- Les seules émissions sont du CO₂ 100 % biogénique

Description des systèmes: enfouissement



Description des systèmes: enfouissement

- Le site accueille des déchets pendant 30 ans. Il est en fonctionnement pendant une durée totale de 50 ans (torchères)
- 50 % des résidus alimentaires et 20 % des résidus verts enfouis
- Pendant l'opération du site, 20 % du biogaz n'est pas capté et se retrouve dans l'atmosphère
- 1 tonne de déchet émet 212 m³ de biogaz, dont 55 % de méthane et 45 % de CO₂
- Dans le scénario où l'enfouissement est couplé au compostage, il est considéré que 60 % du carbone enfoui est de source biogénique
- **30 %** du carbone enfouis est émis après la fermeture du site (55 % de méthane et 45 % de CO₂)
- **80 %** du biogaz émis est capté et brûlé par des torchères, transformant ainsi le méthane en CO₂
- **40 %** du biogaz capté est valorisé sous forme électrique

Processus exclus de l'étude

S'agissant d'une analyse préliminaire, plusieurs processus ont été exclus de l'étude car jugés non susceptibles d'influencer les conclusions:

- Les infrastructures
- Les activités humaines (ex: transport individuel des employés des différents sites)
- La fin de vie des technologies
- Le transport des produits générés (compost, métaux, vitrifiat), ainsi que l'énergie et les matériaux nécessaires à leur transformation pour des fins de commercialisation (ex: concassage du vitrifiat, ensachage du compost).

Une fraction du carbone contenu dans les déchets est de source biogénique, par opposition à du carbone de source fossile. Lorsque ce carbone biogénique est émis sous la forme de CO_2 , il n'a pas été caractérisé dans l'évaluation des impacts sur le changement climatique, car considéré comme faisant partie du cycle naturel du carbone.

Résultats

Évaluation des impacts

L'évaluation des impacts consiste à traduire les résultats d'inventaire en indicateurs d'impacts environnementaux:

Santé Humaine

DALY (Disability Adjusted Life Years) = nombre d'années de vie perdues



- Effets cancérigènes
- Effets non cancérigènes
- Effets respiratoires
- Radiations
- Destruction couche ozone
- Smog

Qualité des écosystèmes

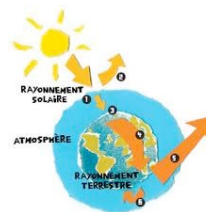
PDF.m².an (Potentially disappeared Fraction) = fraction d'espèces disparue sur une surface de 1 m² pendant 1 an



- Ecotoxicité terrestre
- Ecotoxicité aquatique
- Acidification terrestre
- Acidification aquatique
- Eutrophisation
- Occupation des terres

Changement climatique

kg équivalent de CO₂



- Réchauffement climatique

Ressources

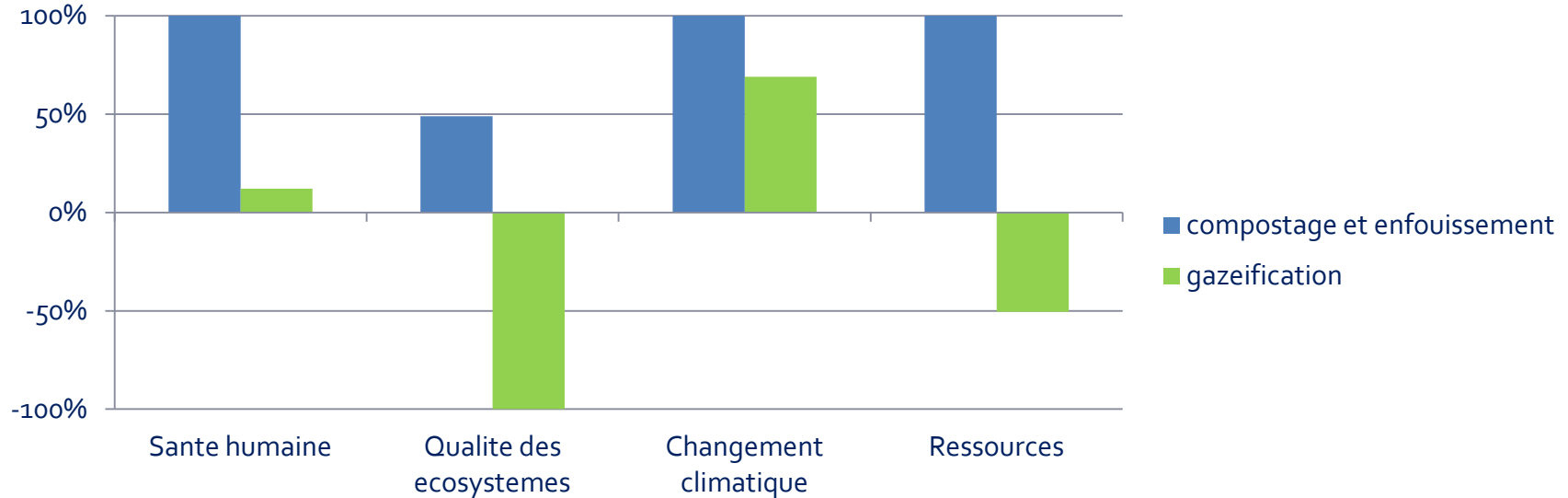
MJ d'énergie primaire non renouvelable



- Épuisement des ressources énergétiques
- Épuisement des ressources minérales

Résultats

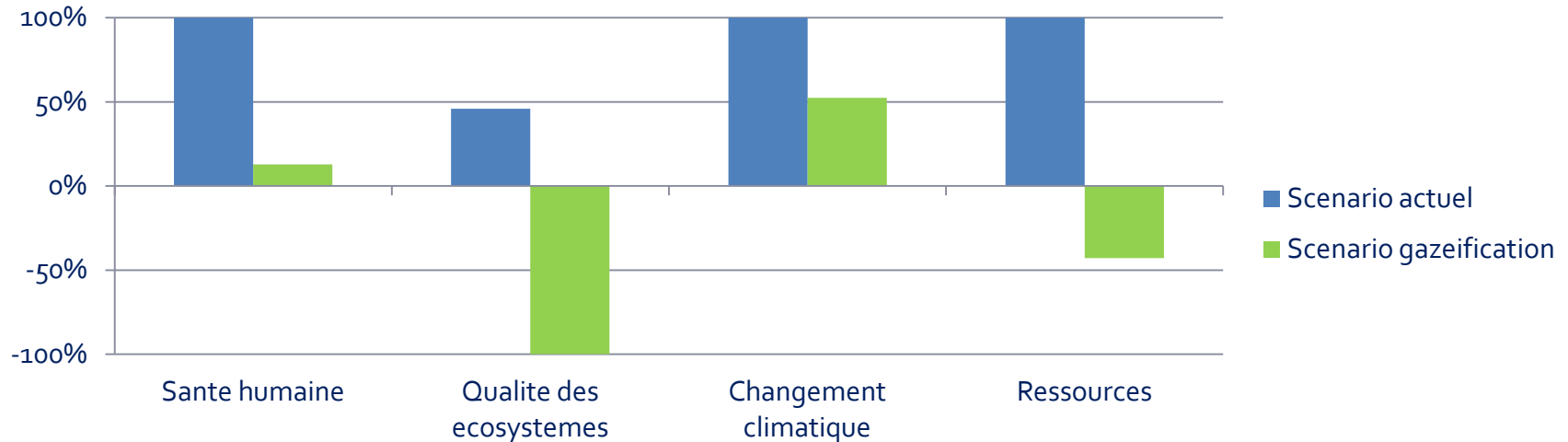
Comparaison du scénario *gazéification* et du scénario *compostage + enfouissement*



	unités	Gazéification	Compostage + enfouissement
Santé Humaine	DALY	0,03	0,33
Qualité des écosystèmes	PDF*m2*yr	- 3,1. 10 ⁵	1,5. 10 ⁵
Changement climatique	kg CO ₂ eq	3,08. 10 ⁶	4,47. 10 ⁶
Ressources	MJ primaire	-1,9. 10 ⁶	3,92. 10 ⁶

Résultats

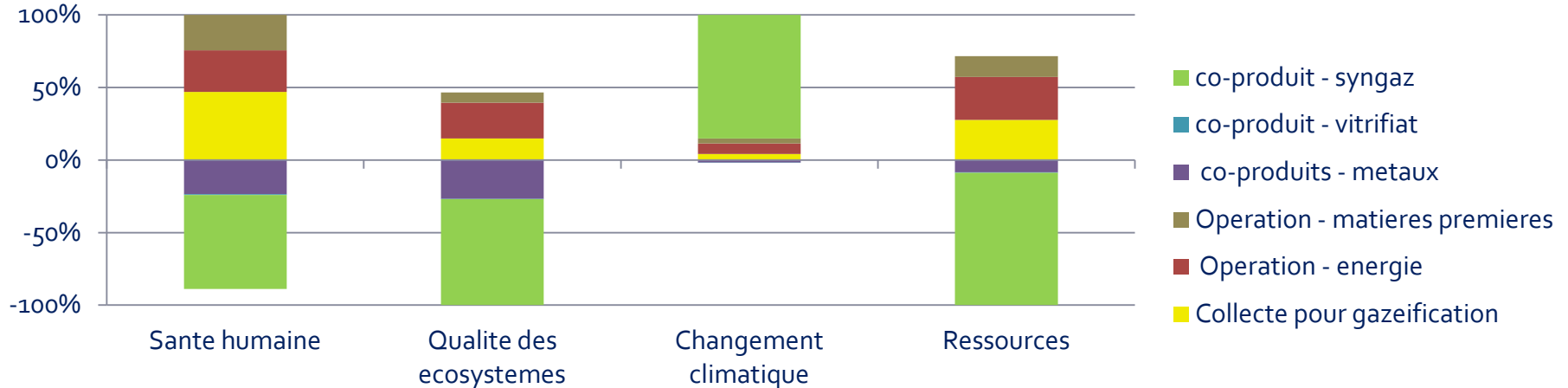
Comparaison du scénario **actuel** (enfouissement seulement) et du scénario **gazéification**



	unités	Gazéification	Scénario actuel (100 % enfouissement)
Santé Humaine	DALY	0,03	0,31
Qualité des écosystèmes	PDF*m2*yr	- 3,1. 10 ⁵	1,42. 10 ⁵
Changement climatique	kg CO ₂ eq	3,08. 10 ⁶	6,03. 10 ⁶
Ressources	MJ primaire	-1.9. 10 ⁶	4,67. 10 ⁶

Résultats

Gazéification

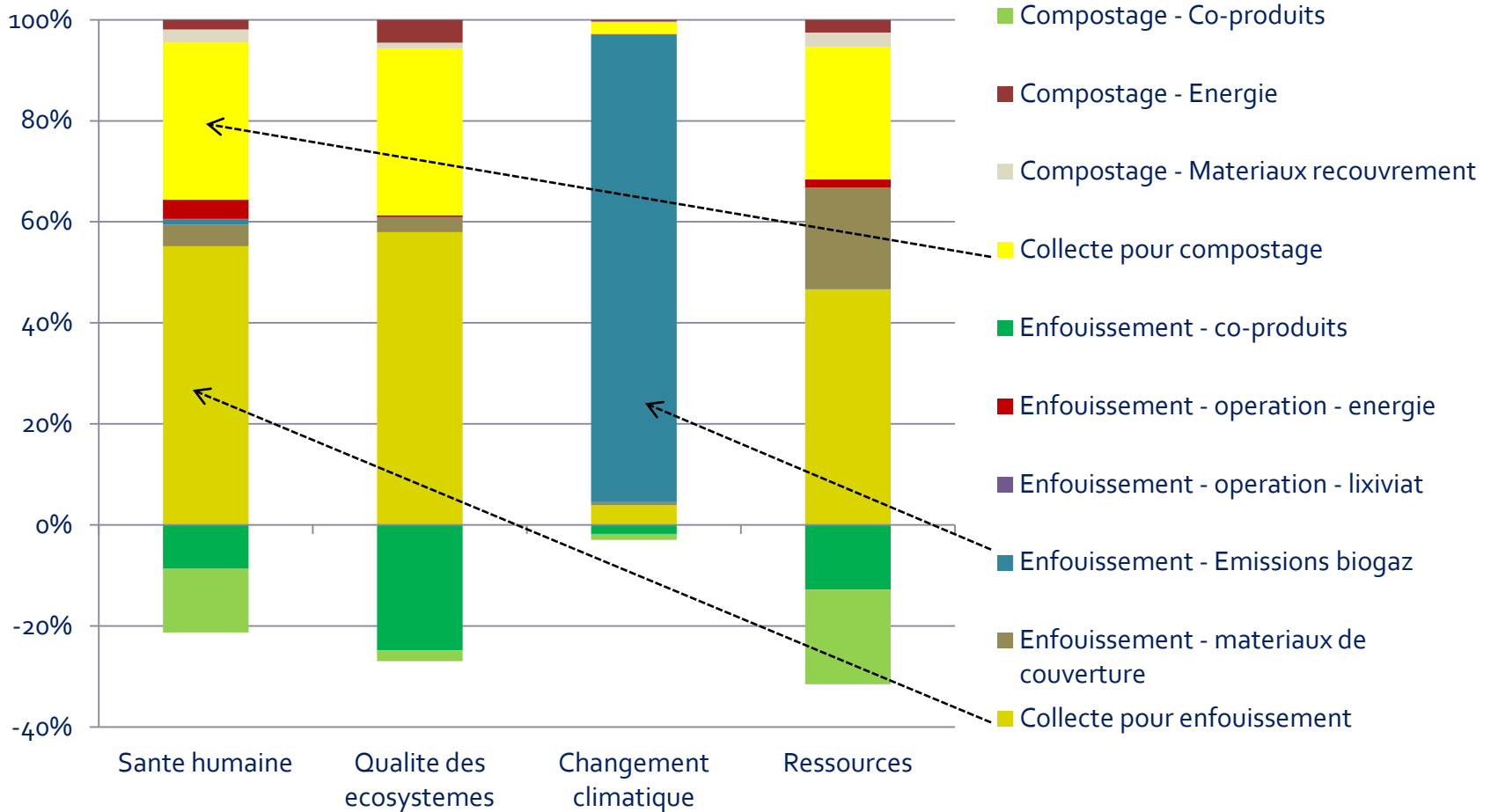


Collecte	Energie	Matières premières	Co-produit – métaux	Co-produits – Vitrifiat	Co-produit - Syngaz
130 t CO ₂ /an	226 t CO ₂ /an	111 t CO ₂ /an	- 58 t CO ₂ /an	- 1 t CO ₂ /an	2674 t CO ₂ /an
10 kg CO ₂ /t	17 kg CO ₂ /t	8 kg CO ₂ /t	- 4 kg CO ₂ /t	- 0,1 kg CO ₂ /t	214 kg CO ₂ /t

Valorisation du Syngaz = production d'électricité en remplacement de 926 kWh/t d'énergie fossile :
Emissions de 270 tCO₂/t mais évitement de 56 tCO₂/t

Résultats

Enfouissement et compostage



Résultats

Enfouissement

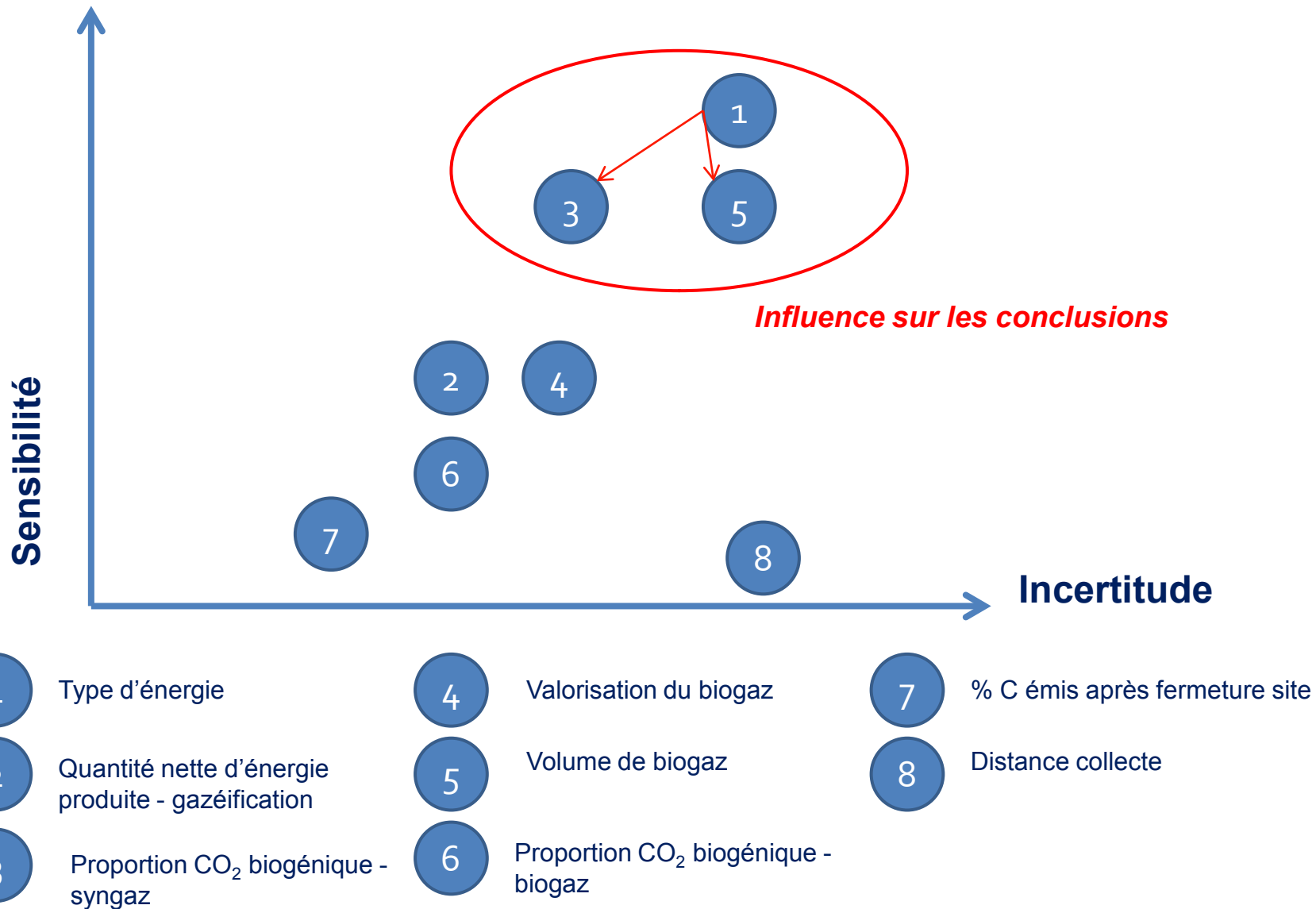
Collecte	Matériaux couverture	Emissions biogaz	Emissions lixiviat	Energie	Co-produits
180 t CO ₂	28 t CO ₂	4336 t CO ₂	0 t CO ₂	6 t CO ₂	- 80 t CO ₂
14 kg CO ₂ /t	2 kg CO ₂ /t	340 kg CO ₂ /t	0 kg CO ₂ /t	0,5 kg CO ₂ /t	- 6 kg CO ₂ /t

Compostage

Collecte	Matériaux couverture	Energie	Co-produits
101 t CO ₂	15 t CO ₂	20 t CO ₂	- 53 t CO ₂
8 kg CO ₂ /t	1 kg CO ₂ /t	1,5 kg CO ₂ /t	- 4 kg CO ₂ /t

Analyses de sensibilité

Analyses de sensibilité



Analyses de sensibilité

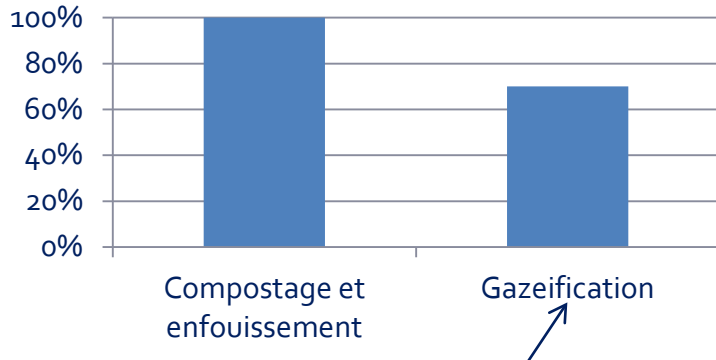
Gazéification

Type de production d'énergie évitée grâce à la production de syngaz

Scénario principal: L'électricité obtenue après valorisation du syngaz remplace de l'électricité produite à partir du mix énergétique Québécois

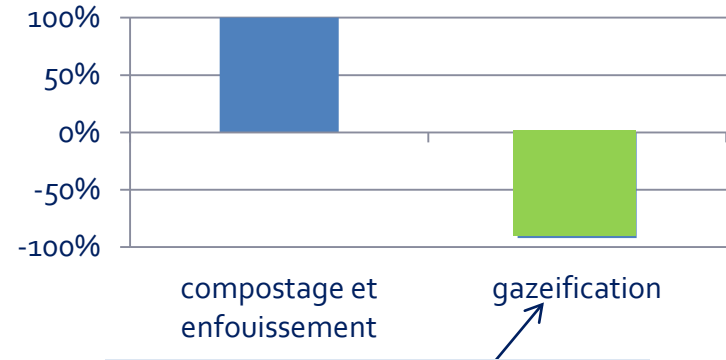
Variation: L'électricité obtenue après valorisation du syngaz remplace de l'électricité produite à partir du mix énergétique Nord Américain

*Impact sur le changement climatique -
Remplacement du mix énergétique Québécois*



Valorisation du syngaz:
Emissions de **270 tCO₂/t**
évitements de **56 tCO₂/t**

*Impact sur le changement climatique -
Remplacement du mix énergétique Nord Américain*



Valorisation du syngaz:
Emissions de **270 tCO₂/t**
évitements de **640 tCO₂/t**

Paramètre
très
sensible

Analyses de sensibilité

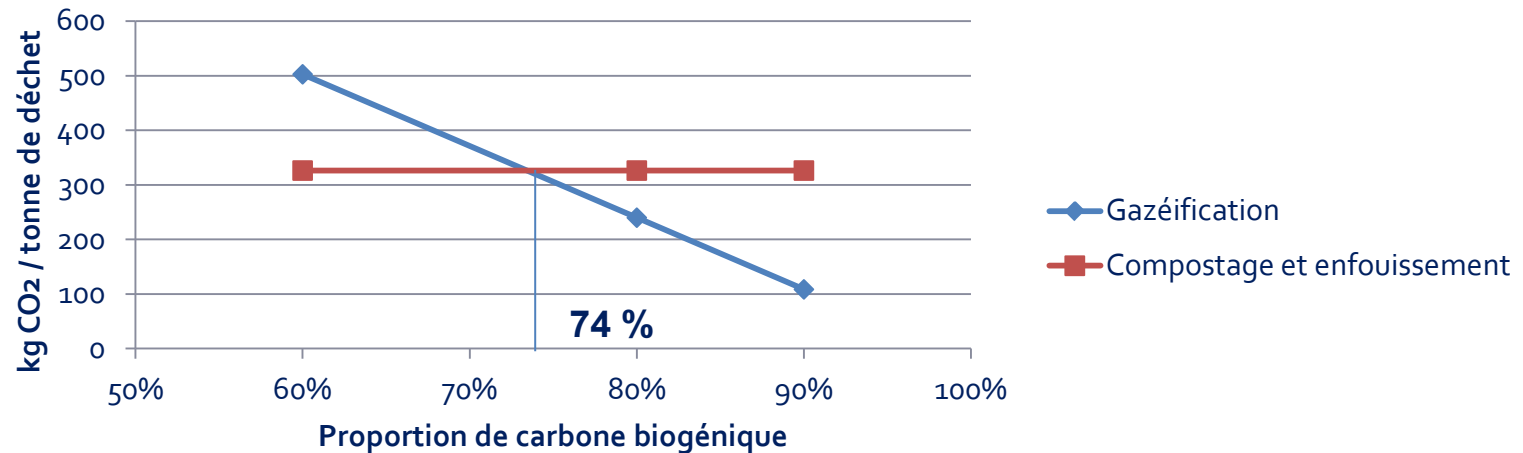
Gazéification (suite)

Proportion de carbone biogénique dans le syngaz

Scénario principal: 80 % du carbone contenu dans les déchets entrants dans l'usine de gazéification est de source biogénique.

Variation: cette proportion pourrait être comprise entre 60 % et 90 %

1) Remplacement d'électricité produite selon le mix énergétique Québécois



.... Si la proportion de carbone biogénique dans les déchets est inférieure à 74 %, alors la quantité de CO₂ fossile émise lors de la valorisation du biogaz augmente et le scénario de gazéification devient moins intéressant pour l'impact sur le changement climatique

Analyses de sensibilité

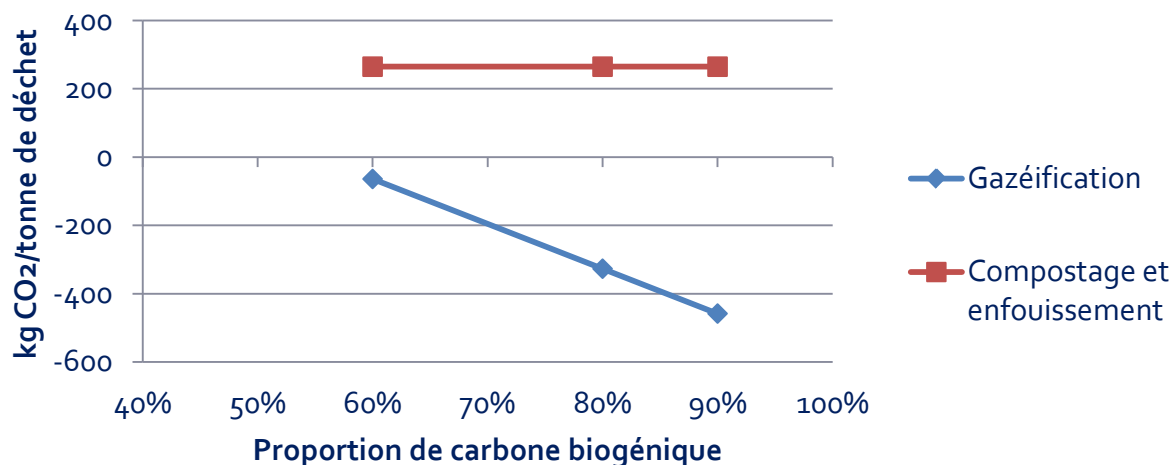
Gazéification (suite)

Proportion de carbone biogénique dans le syngaz

Scénario principal: 80 % du carbone contenu dans les déchets entrants dans l'usine de gazéification est de source biogénique.

Variation: cette proportion pourrait être comprise entre 60 % et 90 %

2) Remplacement d'électricité produite selon le mix énergétique Nord Américain



En revanche, si on considère que l'électricité produite remplace de l'électricité produite selon le mix énergétique Nord américain, la variation de la fraction de carbone biogénique n'influence pas les conclusions

Analyses de sensibilité

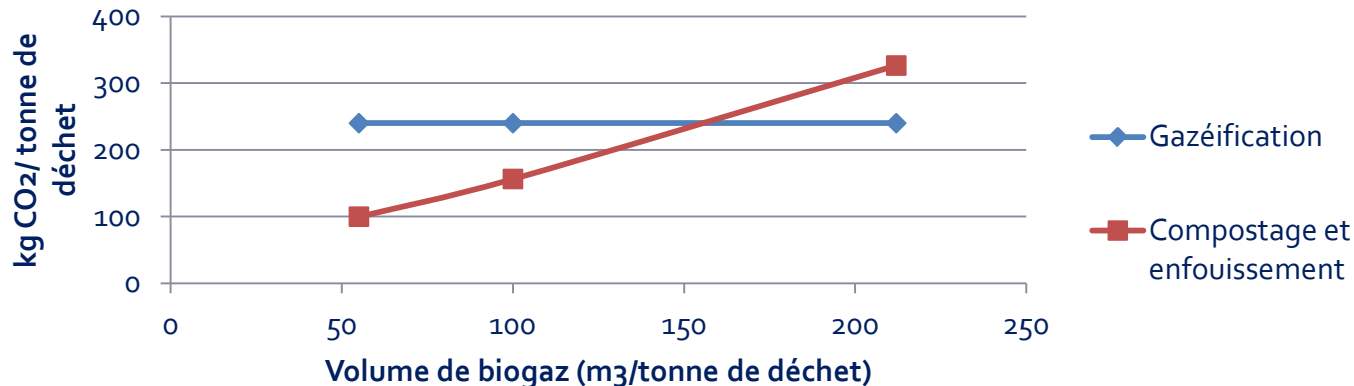
Enfouissement

Volume des émissions de CH₄ et de CO₂

Scénario principal: 1 tonne de déchet émet 117 m³ de CH₄ et 95 m³ de CO₂, soit un volume total de 212 m³ de biogaz.

Variation: Selon la littérature, le volume de biogaz pourrait être compris entre 55 m³ et 300 m³ par tonne de déchet.

1) Remplacement d'électricité produite selon le mix énergétique Québécois



Si le volume de biogaz émis sur le site d'enfouissement est en réalité inférieur à 150 m³ (soit environ 80 m³ de CH₄ et 70 m³ de CO₂), le scénario compostage + enfouissement présente en réalité moins d'impact sur le changement climatique que le scénario gazéification.

Analyses de sensibilité

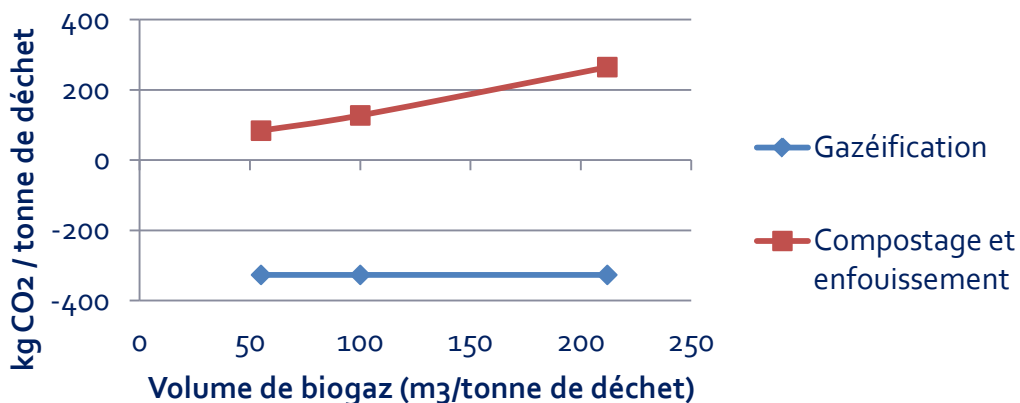
Enfouissement

Volume des émissions de CH₄ et de CO₂

Scénario principal: 1 tonne de déchet émet 117 m³ de CH₄ et 95 m³ de CO₂, soit un volume total de 212 m³ de biogaz.

Variation: Le volume de biogaz pourrait être compris entre 55 m³ et 300 m³ par tonne de déchet.

2) Remplacement d'électricité produite selon le mix énergétique Nord Américain



En revanche, si on considère que l'électricité produite remplace de l'électricité produite selon le mix énergétique Nord américain, la variation du volume de biogaz à l'enfouissement n'influence pas les conclusions

Conclusions et recommandations

Conclusions



Le scénario d'enfouissement actuel émet **460 kg CO₂/tonne** de déchet



Un scénario compostage + enfouissement émet **360 kg CO₂/tonne** de déchet

Les principaux impacts sur le changement climatique sont associés aux émissions de CO₂ et de CH₄ du site d'enfouissement, les opérations de collecte ayant une contribution minime (6%)



Un scénario de gazéification émet **250 kg CO₂/tonne** de déchet si on considère que l'électricité produite se substitue à de l'électricité produite selon le mix énergétique Québécois.

Néanmoins, étant donné les échanges d'électricité entre les pays et provinces, il est raisonnable d'envisager que l'électricité produite par la gazéification viendra déplacer un autre type d'électricité que l'électricité produite par le Québec. Dans ce cas, la gazéification permettrait le remplacement d'une plus grande proportion d'électricité produite à partir de combustibles fossiles.

En considérant un remplacement d'électricité produite selon le mix énergétique Nord Américain, la gazéification offrirait un crédit de **-330 kg CO₂/tonne** de déchet

Limites de l'étude

Plusieurs paramètres sont susceptibles d'influencer les résultats, particulièrement dans le cas où l'électricité produite par la valorisation du syngaz remplace de l'électricité produite au Québec.

La proportion de carbone biogénique contenue dans le syngaz:

Initialement: % CO₂ biogénique = 80 %

Valeur critique: % CO₂ biogénique < 74 %

Le volume de biogaz émis sur les sites d'enfouissement:

Initialement: V_{biogaz} = 212 m³/tonne

Valeur critique: V_{biogaz} < 150 m³/tonne

Certains bénéfices associés à l'usage du compost tels que l'augmentation du rendement des cultures n'ont pas été pris en compte.

Les problèmes de toxicité et d'odeur requièrent une modélisation de type *site-specific*. L'analyse de cycle de vie utilise une approche globale qui ne permet pas d'adresser des problématiques très locales. Ainsi, si le besoin se fait sentir d'adresser ces problématiques, elles devront faire l'objet d'une autre étude

Recommandations

La présente étude montre les bénéfices sur les impacts sur le changement climatique associés au scénario de gazéification, en comparaison d'un scénario de compostage et d'enfouissement.

Ces bénéfices sont d'autant plus grands que l'électricité produite par le procédé de gazéification vient remplacer de l'électricité produite à partir de combustibles fossiles.

Néanmoins, ces conclusions sont spécifiques au cas à l'étude, et ne saurait être appliquée à un contexte géographique différent.

Références

- [1] Ducharme, C., Themelis, N.J., Castaldi, M.J., Technical and economic analysis of Plasma-assisted Waste-to-Energy processes, Columbia University (2010)
- [2] CIRAIG, Life Cycle assessment of the Bioreactor concept and Engineered Landfill for Municipal Solid Waste Treatment, for Environmental Canada (2003)
- [3] SNC Lavalin, Solinov, CIRAIG, Comparaison des technologies et des scénarios de gestion des matières résiduelles, pour la Communauté métropolitaine de Montréal (2007)
- [4] Joly, E, Comparison of home composting and large-scale composting as organic waste management strategies in Québec, Canada (2011)
- [5] Thompson, S. and Tanapat, S., Modeling Waste Management Options for Greenhouse Gas Reduction, Journal of Environmental Informatics 6 (1) 16-24 (2005)
- [6] Marxsen, C.S., Potential world garbage and waste carbon sequestration, Environmental Science & Policy 4 (2001)

Annexes

1. Bilan carbone
2. Sources de données
3. Résultats complémentaires

Bilan carbone

Enfouissement

Lors de l'enfouissement, Une partie du carbone est émise sous forme de CO₂ et de CH₄, tandis qu'une autre partie est stockée dans le sol [6]

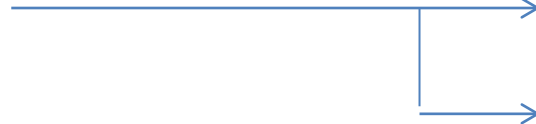
Matériau	Fraction de C séquestrée (g C/ poids sec)	Ratio poids sec/ poids humide
Newspaper	0,42	0,94
Office paper	0,05	0,94
Corrugated board	0,26	0,95
Coated paper	0,34	0,94
Food scraps	0,05	0,30
Grass	0,32	0,40
Leaves	0,54	0,80
Branches	0,38	0,60
Mixed Municipal Solid Waste	0,22	0,80

Bilan carbone



Enfouissement

9500 t /an



Stockage dans le sol: $1,41 \cdot 10^8$ mol C

Emissions: $212 \text{ m}^3/\text{tonne}$: $8 \cdot 10^7$ mol C



3000 t /an



Emissions: $1,89 \text{ t CO}_2/\text{tonne}$: $1,75 \cdot 10^8$ mol C

Total = $3,96 \cdot 10^8$ mol C



12500 t /an



$3,96 \cdot 10^8$ mol C => V_{Syngaz} : $1150 \text{ Nm}^3/\text{tonne}$

Selon [3], $V_{\text{Syngaz}} = 1056 \text{ Nm}^3/\text{t}$

Bilan carbone

V_Syngaz: 1150 Nm³/tonne

50 % CO => n CO = 2.57.10⁴ mol
10 % CO₂ => n CO₂ = 5.13.10³ mol
25 % H₂ => n H₂ = 1.28.10⁴ mol
15 % H₂O => n H₂O = 7.69.10³ mol



Réaction catalyseur:



n CO₂ total = 5.13.10³ + 2.57.10⁴ mol
m CO₂ total = **1354** kg / tonne de déchet

Proportion de carbone biogénique

Réaction de gazéification de la matière organique:



Pour 1 tonne de déchet (60 % de matière organique): n CO₂ = 3 n C₆H₁₀O₄ = 3* 6 850*0,6 = 1.23.10⁴ mol

n CO = 3 n C₆H₁₀O₄ = 3* 6 850*0,6 = 1.23.10⁴ mol

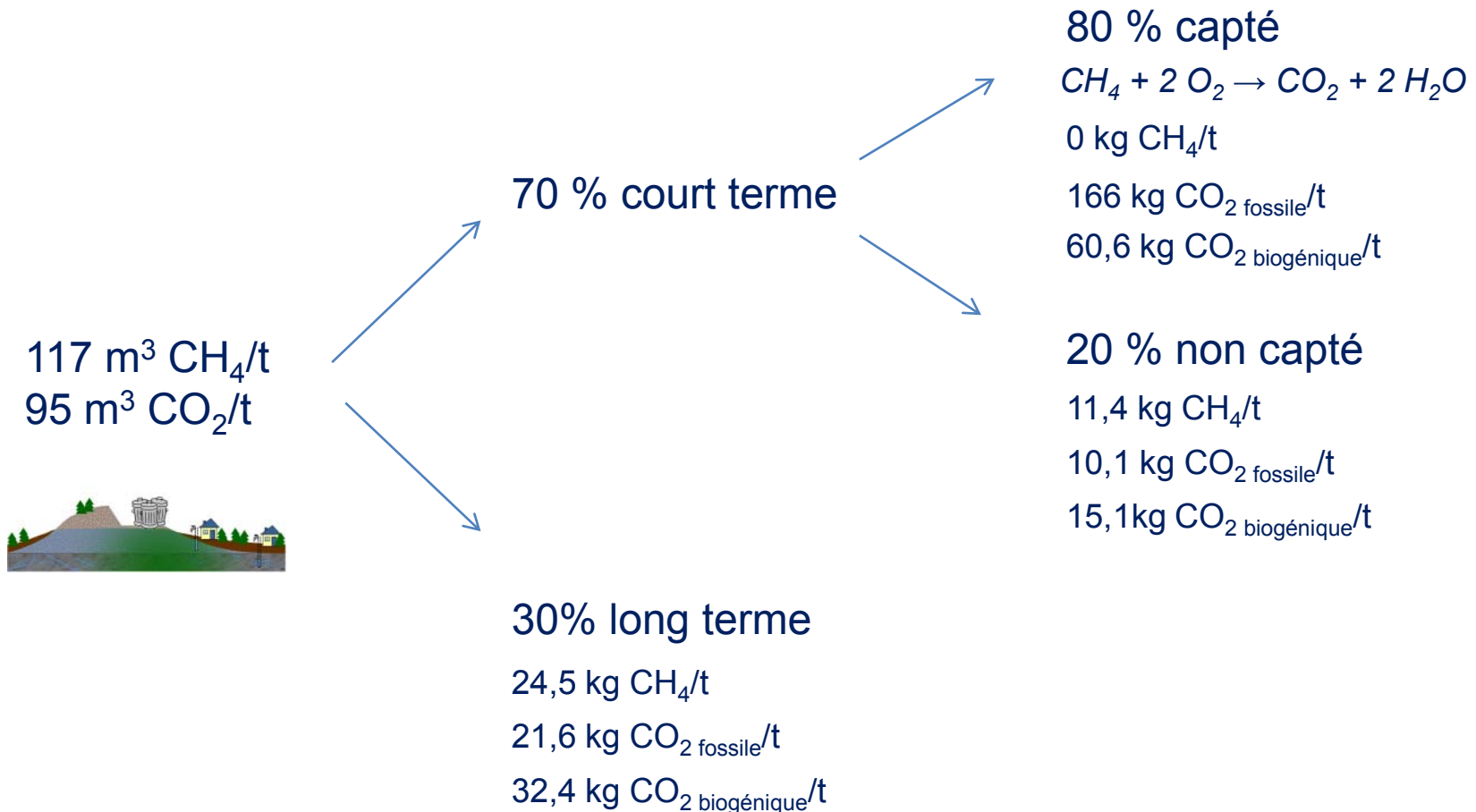
80 % du carbone est du carbone
biogénique

n CO₂ biogénique = 2.46.10⁴ mol
m CO₂ biogénique = **1080** kg / tonne de déchet

Bilan carbone

Quantités de méthane et de CO₂ émises pendant le fonctionnement du site

Hypothèse: 60 % du carbone est de source biogénique



Sources de données

Collecte:

Scenario	Donnée	Valeur
Gazéification	Distance intra-municipale	20 km
	Distance au gazéificateur	35 km
	Nombre de passage par an	40
	Taux de chargement des camions	0,6
Compostage	Distance intra-municipale	20 km
	Distance au composteur	60 km
	Nombre de passage par an	40
	Taux de chargement des camions	0,3
Enfouissement	Distance intra-municipale	20 km
	Distance au site d'enfouissement	60 km
	Nombre de passage par an	40
	Taux de chargement des camions	0,5

Sources de données

Gazéification:

Etape du cycle de vie	Donnée	Valeur	Source
Electricité (entrant)	Apport en O ₂	75 kWh/t	[1]
	Torches au plasma	115 kWh/t	[1]
	Fonctionnement général	100 kWh/t	[1]
Matières premières (entrant)	Eau	3800 L/t	[3] – proportionnel au volume de biogaz
	Soude	8,7 kg/t	[3] – proportionnel au volume de biogaz
	Acide chlorhydrique	2,9 kg/t	[3] – proportionnel au volume de biogaz
	Peroxyde d'hydrogène	0,29 kg/t	[3] – proportionnel au volume de biogaz
	EDTA	0,15 kg/t	[3] – proportionnel au volume de biogaz
Co-produits	Syngaz / production nette d'électricité	929 kWh/t / 640 kWh/t	[1] – AlterNRG , RIGIDBNY
	Métaux	1,3 kg/t	[3]
	Vitrifiat	44kg/t	[3]

Sources de données

Gazéification (Suite):

Etape du cycle de vie	Donnée	Valeur	Source
Emissions	PM	28 g/t	[3]
	Cadmium	4,2 mg/t	[3]
	Mercure	35,4 mg/t	[3]
	Dioxines	28 ng/t	[3]
	HCl	420 mg/t	[3]
	NOx	4,2 g/t	[3]
	SOx	67,5 g/t	[3]
	CO	14 mg/t	[3]
	HF	22,4 µg/t	[3]
	Lead	196 mg/t	[3]
Valorisation du Syngaz	CO ₂ total	1354 kg/t	Calcul
	Dont - CO ₂ biogénique (80%)	1080 kg/t	Calcul

Sources de données

Compostage:

Etape du cycle de vie	Donnée	Valeur	Source
Energie (entrant)	Electricité	80 kWh/t	[3]
	Diesel	2,6 MJ/t	[3]
Matériaux de recouvrement	Matériaux structurants	150 kg/t	Exclus (sous-produit foresterie)
	Matériaux du biofiltre	1,5 kg/t	Exclus (sous-produit foresterie)
Transport matériaux recouvrement	Camion 7,5-16t	100 km	
Co-produits	Compost	0,4 t/t	[3]
	P ₂ O ₅	- 3,3 kg / t compost	[3]
	K ₂ O	- 3,3 kg / t compost	[3]
	Urée	- 13 kg / t compost	[3]
Emissions	CO ₂ , biogénique	1,89 t/t	[3]
	Méthane, biogénique	4 kg/t	Non comptées - [3]
	N ₂ O	0,3 kg/t	Non comptées - [3]

Sources de données

Enfouissement:

Etape du cycle de vie	Donnée	Valeur	Source
Energie (entrant)	Diesel	7,8 MJ/t	[2]
Matières premières	Clay	0,4 kg/t	[2]
	LDPE	1,05 kg/t	[2]
	HDPE	0,4 kg/t	[2]
	PVC	0,0008 kg/t	[2]
	Gravel	105 kg/t	[2]
	Bentonite	0,02 kg/t	[2]
	Sable	107 kg/t	[2]
Emissions	Méthane	117 m ³ /t	[5]
	CO ₂ total	95 m ³ /t	[5]
	Dont – CO ₂ biogénique (60 %)	57 m ³ /t	

Sources de données

Enfouissement:

Etape du cycle de vie	Donnée	Valeur	Source
Emissions – Lixiviat	Fuites	20 %	[2]
	Quantité	0,47 m3/t	[3]
	BOD	1000 mg/L	[2]
	COD	100 mg/L	[2]
	NH ₃	343 mg/L	[2]
	Phosphate	8,5 mg/L	[2]
	Benzene	0,0025 mg/L	[2]
	Toluene	0,087 mg/L	[2]
	Chloroform	0,0025 mg/L	[2]
	Ethylbenzene	0,009 mg/L	[2]

Sources de données

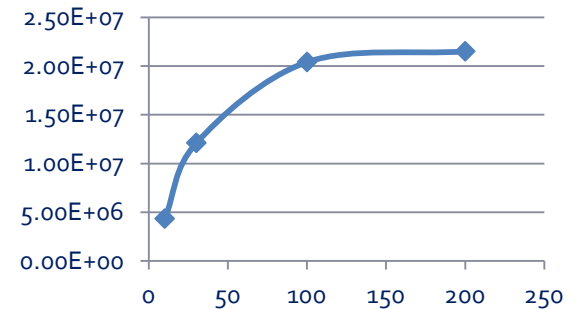
Enfouissement:

Etape du cycle de vie	Donnée	Valeur	Source
Emissions – Lixiviats	Arsenic	0,0029 mg/L	[2]
	Barium	0,679 mg/L	[2]
	Cadmium	0,0025 mg/L	[2]
	Chromium	0,052 mg/L	[2]
	Lead	0,0057 mg/L	[2]
	Mercury	0,001 mg/L	[2]
	Selenium	0,0025 mg/L	[2]
	Silver	0,0125 mg/L	[2]

Emissions long terme méthane

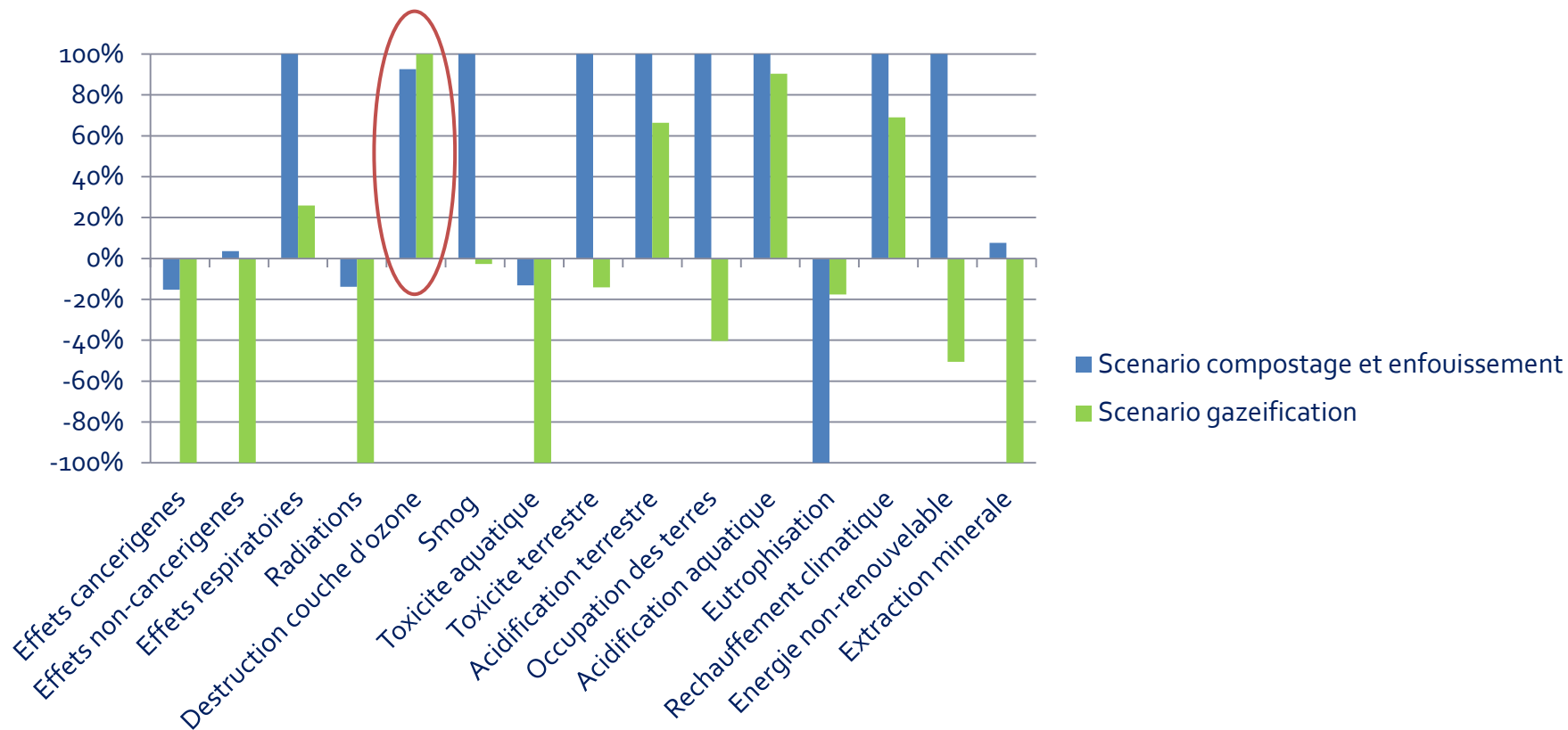
$$G_t = W \frac{L}{s} \left(- (k + s) e^{-(k+t-t_1)} + k e^{-(k+s)(t-t_1)} + s \right)$$

30 % du carbone reste à l'intérieur du site après sa fermeture (après 50 ans), et ne sera donc pas capté et émis dans l'atmosphère



Résultats – catégories de problèmes

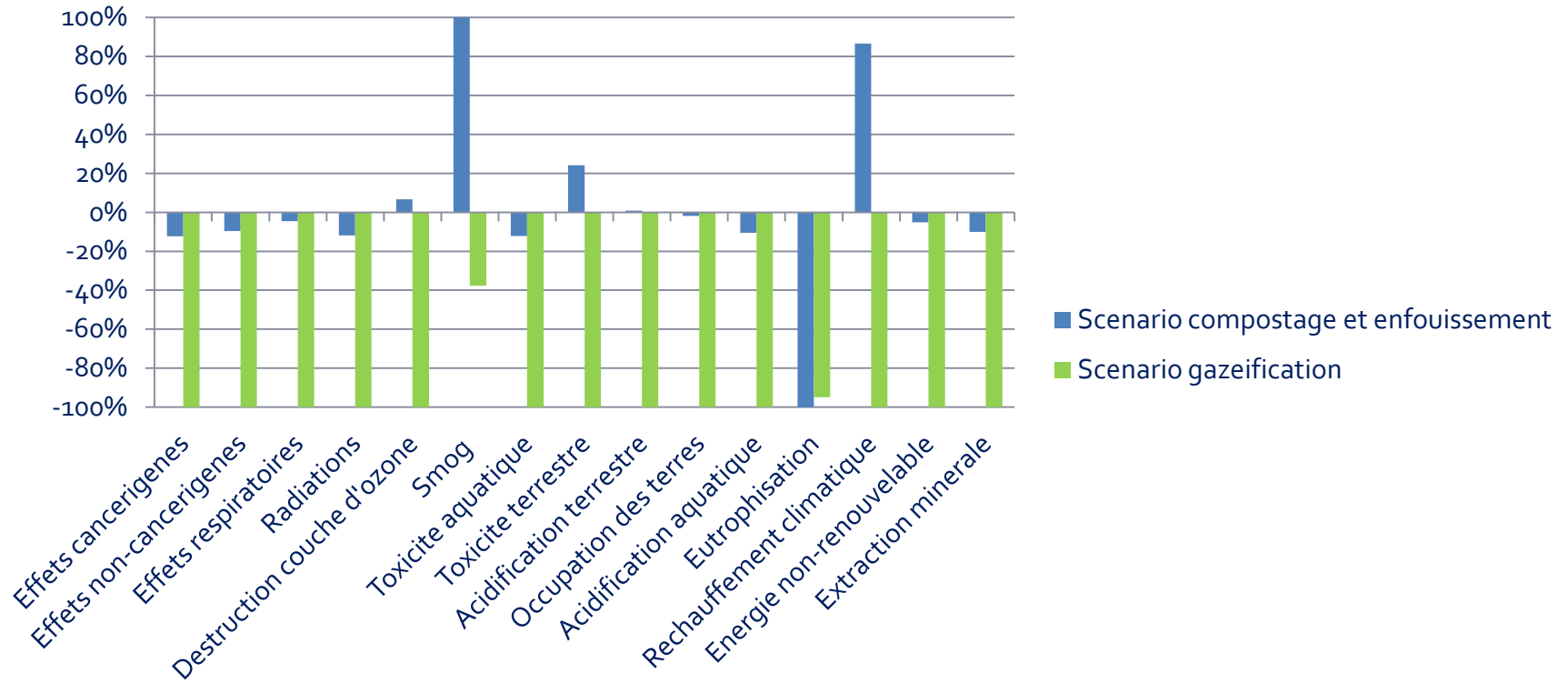
1) Remplacement d'électricité produite selon le mix énergétique Québécois



La gazéification entraîne un déplacement d'impact pour la catégorie *destruction de la couche d'ozone*.

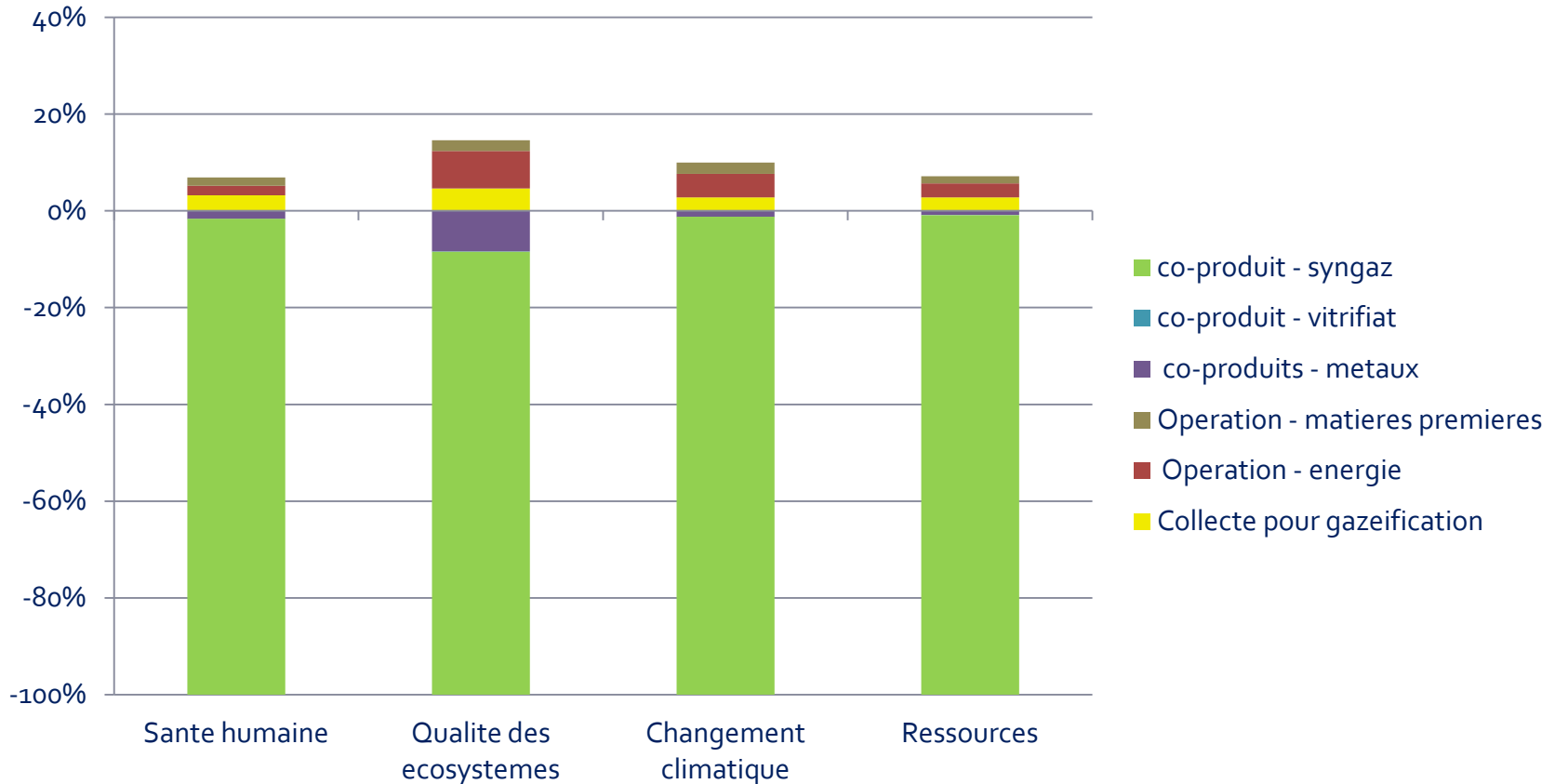
Résultats – catégories de problèmes

2) Remplacement d'électricité produite selon le mix énergétique Nord Américain



Résultats – Détail gazéification

Remplacement d'électricité produite selon le mix énergétique Nord Américain



Analyses de sensibilité

Collecte

Distance moyenne hebdomadaire parcourue par un camion au sein de la municipalité

Scénario principal: 20 km

Variation: 5 km ; 100 km

Forte
incertitude

Paramètre
peu
sensible

Mode de collecte pour le compost

Scénario principal: Collecte à 3 voies

Variation: Co-collecte des résidus organiques et des résidus ultimes

Paramètre
peu
sensible

Analyses de sensibilité

Gazéification

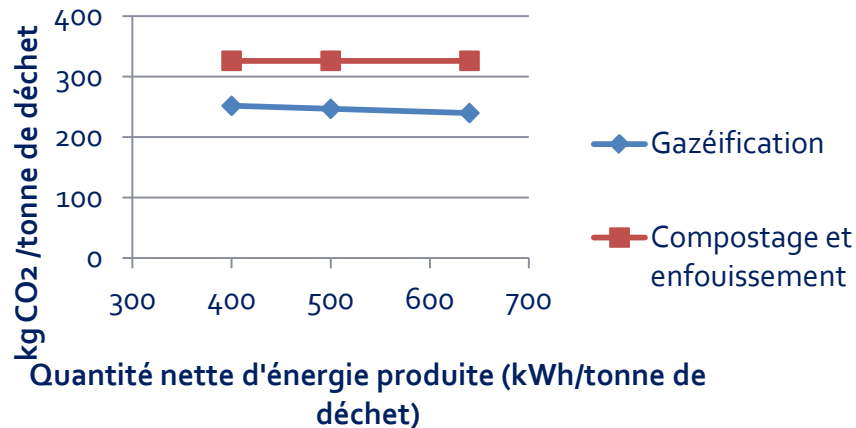
Quantité nette d'électricité produite par la valorisation du syngaz

La quantité nette d'électricité produite a été supposée égale à 640 kWh/tonne de déchet.

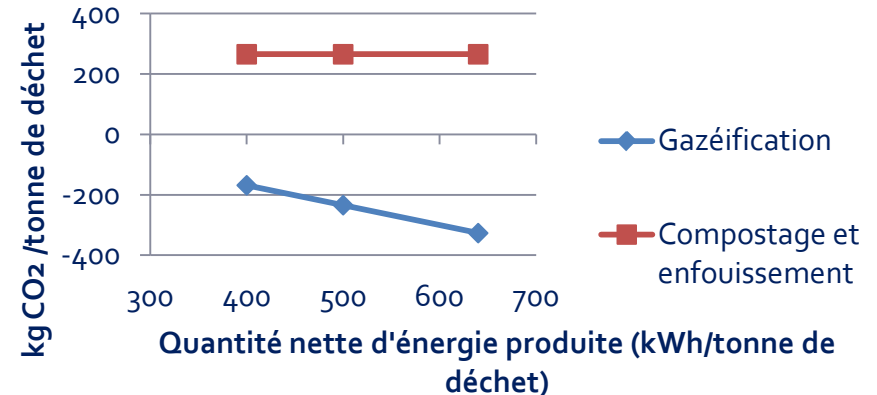
Dans la littérature, cette quantité est comprise entre 400 et 640 kWh/ tonne de déchet.

L'analyse suivante étudie l'impact sur les résultats du à une variation de la quantité nette d'électricité produite, selon le type d'énergie substituée.

1) Substitution électricité QC



2) Substitution électricité Amérique du Nord



La variation de la quantité d'électricité produite n'inverse pas les conclusions de l'étude par rapport à l'impact sur le changement climatique

Incertitude
moyenne


Sensibilité
moyenne

Compostage

Stockage de carbone dans le sol

Scénario principal: Le compost ne modifie pas les propriétés du sol

Variation: Le compost augmente la capacité de stockage du sol en carbone



Paramètre
peu
sensible

Analyses de sensibilité

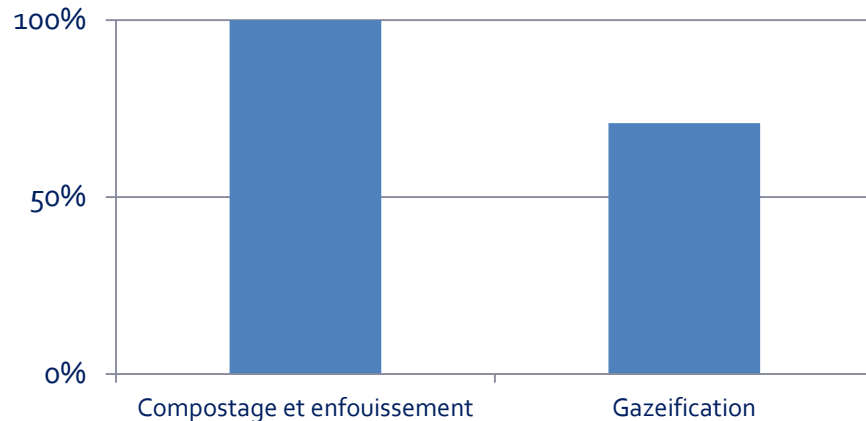
Enfouissement

Valorisation du biogaz de l'enfouissement

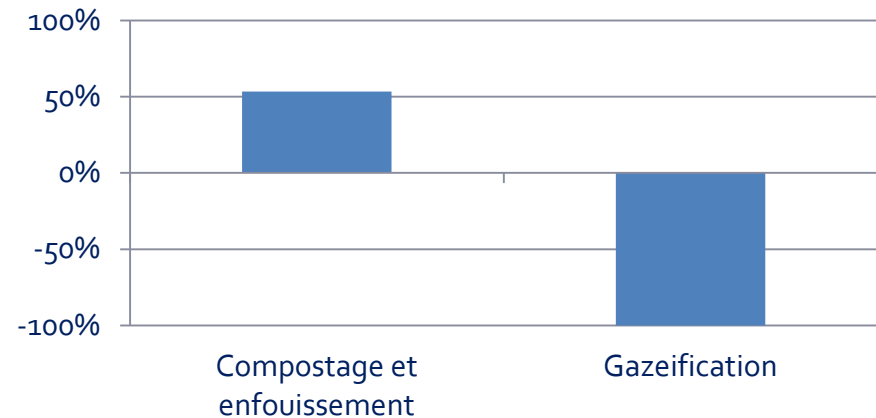
Scénario principal: 40 % du biogaz capté est valorisé sous forme électrique

Variation: 100 % du biogaz capté est valorisé sous forme électrique. Ce scénario a été testé dans le cas où l'électricité produite par le biogaz se substitue à de l'électricité produite selon 1) le mix Québécois, et 2) le mix Nord Américain

1) Substitution électricité QC



2) Substitution électricité Amérique du Nord



La valorisation de 100 % du biogaz permet de diviser par 1,5 les impacts du scénario compostage + enfouissement dans le cas où l'électricité remplace une production Nord Américaine. Néanmoins, cela n'influence pas les conclusions de l'étude.

Analyses de sensibilité

Enfouissement

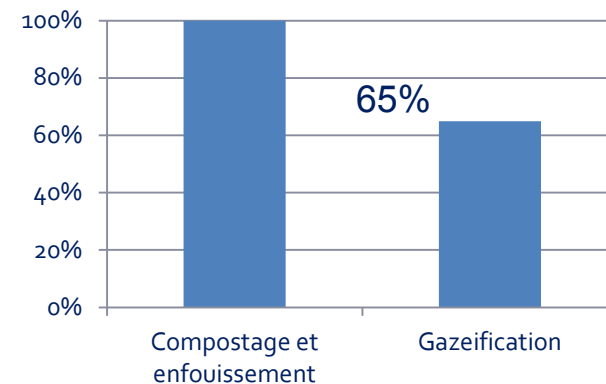
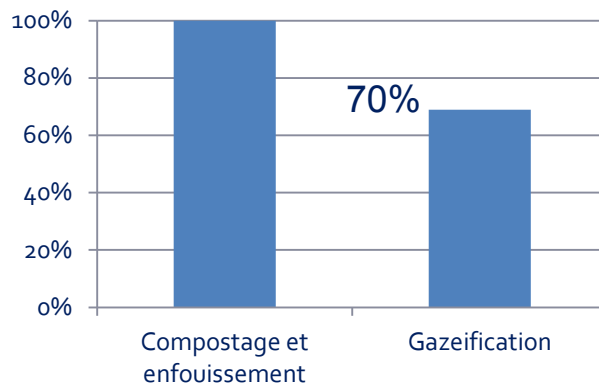
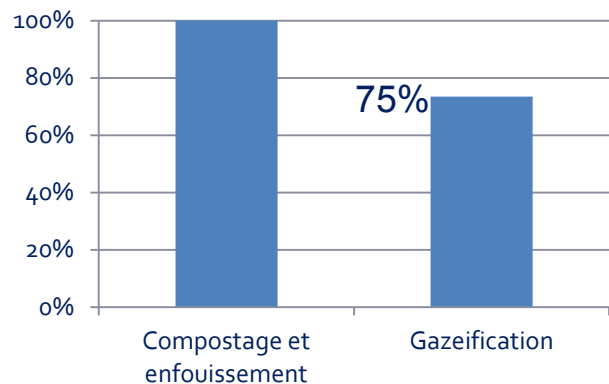
Fraction de biogaz émise après la fermeture du site

Une partie du biogaz s'échappe après la fermeture du site, c'est-à-dire après l'arrêt des torchères qui transforment le CH_4 en CO_2 . Il a été considéré que cette portion est égale à 30%. L'analyse suivante évalue les conséquences sur les résultats d'une variation de ce paramètre, soit pour une fraction égale à 20 % et à 40%.

20 % émis après fermeture

30 % émis après fermeture

40 % émis après fermeture



La variation de la proportion de carbone émise après la fermeture du site n'influence pas les conclusions de l'étude

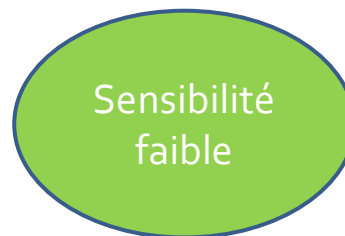
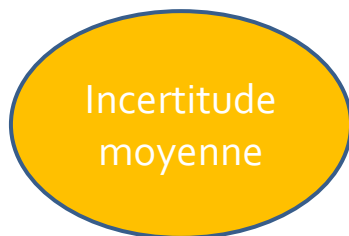
Analyses de sensibilité

Enfouissement

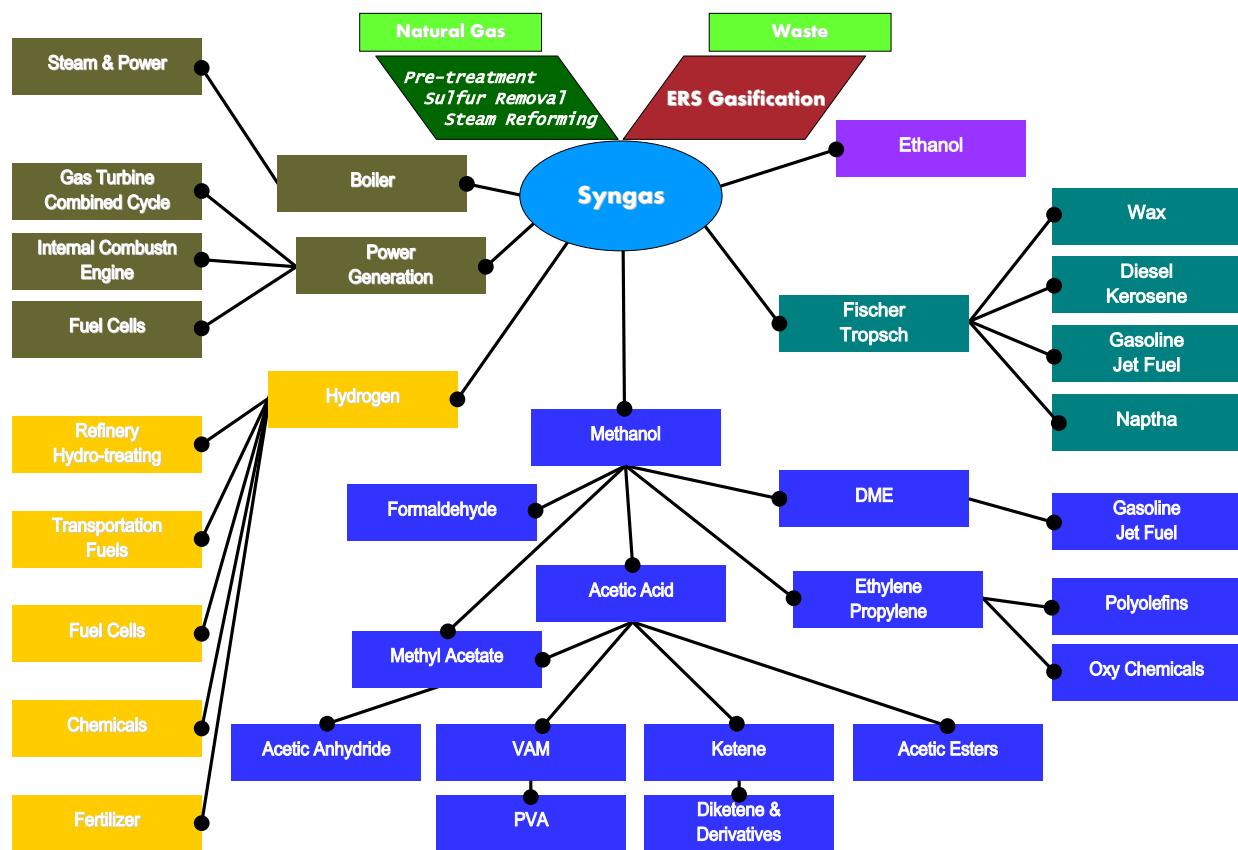
Proportion de carbone biogénique

Dans le scénario principal, il a été estimé que 60 % du carbone contenu dans les déchets enfouis est de source biogénique (déchets organiques, papiers et cartons), le reste étant principalement attribuable aux matières plastiques

Néanmoins, il est estimé que cette proportion pourrait varier entre 30 % et 70 %, entraînant une variation de la quantité de CO₂ fossile contenue dans le biogaz.

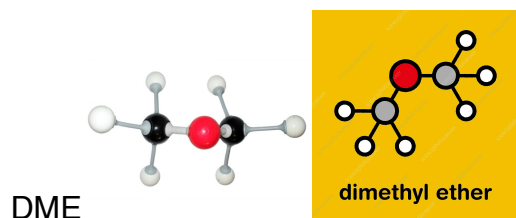


Le principal contributeur au changement climatique dans le cas du scénario compostage et enfouissement est le CH₄. Par conséquent, la variation de la proportion de CO₂ biogénique dans le biogaz n'a pas une très grande influence sur les résultats.



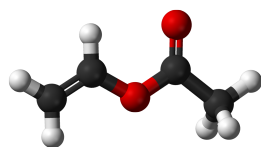
Ce document a été fourni par 3R Synergie Inc.

Signification des symboles et abréviations :



VAM et PVA

Vinyl acetate is an organic compound with the formula $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}=\text{CH}_2$. This colorless liquid is the precursor to **polyvinyl acetate**, an important industrial polymer





JUNIPER RATINGS REPORT



Application: Gasification
Report Type: Ratings Report
Issue number: 1.0
Published: 19 February 2008



WasteReports.com

© Juniper Consultancy Services Limited
Bathurst House, Bisley, GL6 7NH England

Email: info@juniper.co.uk
Web: www.juniper.co.uk

Juniper's Rating System

These ratings are derived independently by Juniper. They are our assessment of the relative stage of development of individual processes and each company's track record. They are based upon our assessment of a process' merits in the context of our knowledge of the worldwide market, built up over the last fifteen years, and our assessment of a range of factual information. Wherever possible we appraise reference plants, meet with a company's management and review data. We also seek the opinions of third parties including customers and site operators.

The ratings relate specifically to the application, scale and feedstock identified in each Rating Sheet. Companies and processes may frequently receive different ratings for other applications.

This is a very rapidly evolving field and ratings may change frequently. Please ensure that you have our latest edition.

JuniperRatings are intended as a guide to help identify companies that merit consideration for applications and to provide an indication of their relative standing at the present time. They are not intended as a substitute for a project-specific comparison; in such circumstances our relative rankings may vary from those published here, since the individual project context often means that a specific process may have particular advantages.

Disclaimer

This report has been prepared by Juniper with all reasonable skill, care and diligence within our terms and conditions. We do not warrant the accuracy of information provided. It is for the reader of the report to decide whether or not to use the information contained in this report to inform their own decision making process. We advise that any data critical to a decision should be verified in a project-specific context prior to being used. Juniper accepts no liability for the consequences of decisions made by readers of its reports whether direct or indirect.

® **J**uniper is a registered trademark of Juniper Consultancy Services Limited

Important Note

The opinions and analysis contained in our Reports are based upon the information that was available to us at the time of publication – and may subsequently change.

Some process companies choose to proactively provide data to facilitate our assessments, while others do not. Inevitably this means that some ratings are based on more detailed information than others. We believe that it is in the interest of the market that all technologies which are being promoted should be rated irrespective of the information that is readily available.

These assessments have been carried out on a completely independent basis. As an analyst active in this field, Juniper also provides confidential consulting services to many companies involved in this sector. We have procedures in place to avoid conflicts of interest, to protect confidential data and to provide third parties with dispassionate, independent advice.

This report is copyright Juniper Consultancy Services Ltd. It may not be copied or given, lent or resold, in part or in whole, to any third party without written permission.

Scope of this Rating Sheet

This document summarises our current assessment of the relative strengths of those processes which are being promoted for the **gasification of fuels including wastes and biomass**. It includes all types of processes that result in the generation of a syngas, i.e. conventional gasification, plasma gasification and some pyrolysis processes. It does however not include processes such as plasma combustion, plasma vitrification and plasma polishing or pyrolysis processes that result in the formation of a liquid product. The reader should refer to our rating sheets for plasma technologies, small-to-medium scale EfW and large scale EfW respectively for further details on those processes.

The ratings cover operations at all scales and for various types of waste (including MSW, RDF, medical waste, a variety of industrial waste as well as a broad range of biomass materials, both waste materials and energy crops). The major gasification technologies operating on coal, petcoke and oil refinery residues are also included.

As a specific type of process configuration to be implemented is tailored to the individual application, we aim to provide readers with an indication of the suppliers that have experience with a relevant feed stock. Some processes are specifically targeted at only one of these feeds; in which case this is noted within the report. In many instances where a system aims to be accepted for several types of input, our assessment of the risk varies, depending upon the feed. This is why there are multiple ratings for some processes. Where there is no rating this is because we understand that the process is not being actively promoted for that application.

As we feel that technology providers often focus on either biomass or non biomass applications we have used the **green shading** to indicate those that predominantly process **biomass**. We have applied different scaling for biomass and non-biomass feedstreams, as these occupy different niches in the market.

In terms of nominal input capacity to the facility;

For non-biomass - 'small-scale' = 20-75 ktpa, 'medium scale' = 75-250 ktpa and 'large scale' >250 ktpa
For biomass - 'small-scale' < 8 ktpa, 'medium scale' = 8-80 ktpa and 'large scale' >80 ktpa






We aim to include systems from all parts of the world. The list is therefore relatively comprehensive, but we make no claims that it is exhaustive – we welcome suggestions of additional processes for inclusion, whether from third parties or the companies themselves. Normally the technologies are only listed under the company that is the process developer and not under local agents or engineering partners. In some instances we have listed other companies with whom a technology is often associated, such as a licensee for a particular geographical territory. Some companies have been included for historical reasons as their name is still associated with the industry and widely reported in the literature. We are aware of 50 other companies that could be included here, but many of these are no longer trading.

Where the energy recovery method is not spelt out it is assumed to be the generation of electricity via the **steam cycle**. If a company is specifically pursuing other routes (such as **gas engines, gas turbines or IGCC¹**) this is noted in the text and our rating reflects the extent to which this integrated concept has been demonstrated.

We welcome suggestions of other processes that may merit inclusion in future editions of this report.

¹ Integrated Gasification Combined Cycle

Juniper's system for classifying technologies according to their provenness

	<p>FULLY PROVEN</p> <p>The process has more than one full commercial reference site that has been operating for at least two years on this feedstock at a relevant scale. Operational performance has met the client's expectations and the plant has achieved a performance that is consistent with international standards.</p>
	<p>PROVEN</p> <p>The process has been proven in sustained commercial operation but in a more limited fashion (the nature of this limitation is described in our comments).</p>
	<p>DEMONSTRATED</p> <p>The integrated process has been demonstrated to operate satisfactorily on the relevant feed material at a pilot or demonstration project, typically in a time-limited trial. Key performance parameters have been confirmed, though often at less than the targeted scale.</p>
	<p>CONCEPTUAL</p> <p>This rating applies to a process concept for which there is very limited performance data available as yet.</p> <p>It is also applied when a company is promoting the technology for a new application or in a new configuration.</p>
	<p>NOT RATED</p> <p>For various reasons we may decide not to give a process a rating (e.g. there may be insufficient information available at the present time). In each instance the accompanying text will explain the reasons.</p>

If a rating is **(bracketed)** this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text.

↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected (for example a plant is currently being constructed or commissioned).

! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause for concern in relation to particular applications.

Supplier ratings used in this report

*****	<p>The company has a substantial track record in the sector and is generally regarded as a global leader. They have successfully completed reference projects in different parts of the world.</p> <p>They have significant resources: a strong technical team with directly relevant expertise and can call on additional specialist technical support from within the group across a range of areas of expertise. They, or their parent, can provide a bankable process guarantee.</p>
*****	<p>The company is acknowledged as a leading player in this specific application, but has a slightly lower standing than those in the 5-star category, either because they have somewhat less resources, or have a less strong track-record, or have so far only done projects in their local market.</p> <p>Nevertheless they have themselves successfully completed more than one reference project; operating plant data is available for review that confirms their technology performance as being commercially and environmentally acceptable; and they have a multi-disciplinary team of engineers with acknowledged expertise in the sector.</p>
***	<p>The company has a more limited track record or lacks the 'strength in depth' of some other players but has demonstrated the process sufficiently, so the technology risk is likely to be manageable in the context of securing project finance.</p> <p>They have themselves successfully commissioned at least one commercial reference project, secured via competitive tender, that is processing a relevant waste feed at a relevant scale; and would generally be regarded as a real contender for projects for this specific type of application.</p>
**	<p>A smaller company formed by individuals with significant experience in the sector and experience in directly relevant areas of process design; while the technology may have been demonstrated and the company may have secured a first order, no commercial reference plant - on a relevant feed and at relevant scale - has yet been completed by this team. Some may also lack the strength in depth of larger or more established players but they will still have the necessary knowledge and experience to engineer and deliver potential projects.</p> <p>This classification is also applied to companies whose scope of supply is limited, either because they only supply one of several core components of the integrated system or because they outsource key elements of project delivery.</p>
*	<p>The company's team has limited experience of the sector (e.g. a 'start-up' or a larger company diversifying into the sector) or is not the developer of the process (e.g. an agent or delivery partner). Others may be given this rating because they have not yet secured an arms-length commercial contract. Technical, engineering, commercial or financial resources may be limited.</p>
NR	<p>NOT RATED In some circumstances a company may not have been given a JuniperRating. For example, the company may no longer be trading or the process is no longer promoted; in other cases there may be insufficient information available at the present time for us to rate this company.</p>

If a rating is **(bracketed)** this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text.

↑ indicates that it is anticipated that the company's rating may be raised in the near future if developments continue as expected (for example a company may be close to completing the commissioning of a key project).

Acronyms used within this report

Acronym	Explanation
ASR	A uto S hredder R esidue
CFB	C irculating F luidised B ed
DDGS	D ry D istillery G rain with S olubles
EfW	E nergy f rom W aste: same as Waste to Energy (WtE).
IGCC	I ntegrated G asification C ombined C ycle
LLR	L ow L evel R adioactive Waste
MPW	M ixed P lastics W aste
MSW	M unicipal S olid W aste: domestic refuse, as well as commercial or trade refuse and other waste which, because of its nature or composition, is similar to domestic refuse.
RDF	R efuse D erived F uel: semi-processed garbage which has been pre-sorted to remove inorganics and bulky items and then shredded, mechanically compressed and dried.
SRF	S olid R ecovered F uels: (fuel derived from non-hazardous waste to be used for energy recovery).
WEEE	W aste E lectrical and E lectronic E quipment
WtE	W aste t o E nergy: used to describe an incinerator where the energy released during burning is captured via a heat exchanger to produce steam (and then normally electricity or community heating). Sometimes also applied to other forms such as landfill gas recovery.

Gasification

SUPPLIER & PROCESS RATINGS

in alphabetical order

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
7 Hills <i>Switzerland</i>	WGM Medium to large	RDF	(●)	Oxygen blown updraft gasifier Process incorporates several elements from the Thermoselect [qv] process. The technical development calls upon the experience gained at Karlsruhe by Thermoselect and in Japan by JFE [qv]. Plant has been constructed near Rome, Italy which we understand is about to enter the commissioning phase	**	An engineering company, part of the SCT Group. Several employees worked for Thermoselect and Kawasaki Steel during the construction and commissioning of the Karlsruhe and Chiba plants. (see Thermoselect and JFE).
Advanced Plasma Power (APP) <i>UK</i>	Gasplasma Medium	RDF	(●)	Fluidised bed gasification + plasma gasification Combination of EPI [qv] fluidised bed process and Tetronics [qv] plasma electrode melting system. Pilot plant operated at the company's own facility. Performance data not yet reviewed.	**	Newly formed company marketing a new combined technology for MSW applications. Draws on Tetronics personnel and expertise.
Ahlstrom Pyropower <i>Finland</i>	Large	Biomass	NR	Fluidised bed gasification Original developer of the gasification process now promoted by their new parent Foster Wheeler [qv].	NR	This Finnish boiler company was acquired by Foster Wheeler.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; (●) = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Ahlstrom Pyropower <i>Finland</i>	Medium	RDF, packaging waste, mixed wastes	NR	See above and Foster Wheeler	NR	See above and Foster Wheeler
AHT Pyrogas <i>Germany</i>	Medium	Wood chips	(●)	Fixed bed downdraft gasification Process developed 100 years ago by Deutz, a leading engine manufacturer. There is some indication that earlier plants experienced some issues, which were subsequently resolved. The company refers to six reference plants in various countries with one more under construction.	***	This German company, in its current form, was founded in 1997, by a former employee of Klockner-Humbolt Deutz and the owner of the rights to the Deutz process since 1988.
Allied Syngas <i>USA</i>	See Envirotherm					
AlterNRG <i>Canada</i>	Small to large	Various (MSW, industrial etc.)	(●)	Plasma gasification See Westinghouse Plasma Corporation.	**	Newly restructured Canadian company that is pursuing opportunities to use its own plasma gasification technology, which has recently been acquired from Westinghouse Plasma Corporation [qv]. Has entered into a JV agreement with Jacoby, the parent of Geoplasma [qv].

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; **NR** = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Babcock & Wilcox Vølund <i>Denmark</i>	Medium to large	Wood, other biomass feeds	●	Fixed bed updraft gasification The company has one reference plant in Denmark (Horbøore) that has been operating since 1996. A second facility (7.5MWe) is currently under construction in Yamagata, Japan.	***	A leading supplier in the waste-to-energy and renewable energy sectors. The company has been active in the field of gasification since 1988, but has recently licensed its technology to JFE [qv].
Balboa Pacific <i>USA</i>	Medium	MSW	NR	Pyrolysis + combustion We were informed that two plants were under construction in 2001 (status unknown).	NR	The Company does not appear to be active at present.
Bio Arc Technologies <i>USA</i>	Small to medium <i>IDS</i>	MSW	?	Plasma gasification Appears to be promoting in the sector but no MSW projects have been built.	NR	Insufficient information available to rate this company.
Biomass Engineering <i>UK</i>	Small	Wood	●	Fixed bed downdraft gasification Have had a demonstration project in Northern Ireland since 1999. The company has stated that they have more than ten gasifiers operating in the UK and Germany, with a further thirty in planning or under construction.	***	Company appears to be one of the most prominent players in the relatively young UK biomass gasification market. Outside the UK the company works very closely with one of the German utility companies. We understand they had been involved in some waste related projects, but the current focus appears to be on clean biomass fuels.




SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Biomass Technology Group <i>BTG</i> <i>The Netherlands</i>	Small	Biomass		Conical vortex gasifier Has a small demonstration facility in the Netherlands.	(***)	BTG Biomass Technology Group (BTG) is an independent, private R&D company which for the past 20 years has specialised in developing processes for the conversion of biomass into fuels and energy, but does not appear to be a turnkey provider.
Biosynergi Process <i>Denmark</i>	Small	Wood		Fixed bed gasification One demonstration plant, completed in 2003/2004, funded by the Danish Energy Authority. We were told that no further plants are currently being planned.	*	Very small company, with limited track record.
Brightstar Environmental <i>SWERF</i> <i>Australia/USA</i>	Medium	MSW		Pyrolysis & gasification A commercial plant (50 ktpa) was built in Wollongong, Australia. Due to technical issues related to the char gasifier, the plant stopped operation in 2004 and has been partially dismantled.	(**)	Brightstar Environmental was a joint venture between Energy Developments Limited (EDL), an Australian company and Brightstar Synfuels, a US based technology company. The development team no longer exist, but EDL are still seeking a purchaser for the IPR.
Carbona <i>Finland/USA</i>	Small	Paper & pulp waste (including Black Liquor)	?	Appears to be targeting specific applications in the pulp & paper industry but it is unclear whether any projects have been realised to date.	NR	Company's experience in this field is unclear.




SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Carbona <i>Finland/USA</i>	Medium	Wood		Fluidised bed gasification Extensive pilot plant experience with a wide range of biomass feed streams, including a large demonstration project treating wood.	**	Finnish company with US sister company Carbona Corp. Juniper was told that the company's current focus is on gasification systems for the pulp & paper industry.
Chemrec <i>Sweden</i>	Medium to large	Black Liquor		Entrained flow gasification Process previously offered by Kvaerner Pulp & Paper; has been demonstrated on a range of projects, prior to Chemrec taking ownership. New demonstration plant recently started up.	**↑	Chemrec was formed as a partnership in 2000 between Nykomb Synergetics (76%) and Kvaerner Pulp & Paper. In 2003 Nykomb purchased the remaining shares to become the sole stakeholder of the company. In January 2007 Volvo Technology Transfer, together with Vantagepoint Venture Partners, acquired a majority share of the company from Nycomb. The gasification technology is now promoted by Nycomb Synergetics, a privately owned entity within the Nykomb group.
ChevronTexaco <i>Now GE</i> <i>USA</i>	Large	Coal, petcoke, refinery residues		Oxygen blown entrained flow gasification process. Technology is fully proven with many reference plants operating worldwide. Considered to be the leading gasification technology in the world for these applications. Had also looked at gasification of waste plastics, but no such plants have been realised.	*****	Major oil company supplying technology worldwide for coal, petcoke and refinery applications. Significant level of gasification expertise. The business unit was acquired by GE (qv) in 2004.





SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Choren Industries <i>Germany</i> <i>Carbo-V</i>	Large	Wood to liquid fuel		3-stage gasification (low temperature, high temperature, endothermic entrained bed gasification) Extensive pilot plant experience demonstrated for almost 10 years. Large commercial plant to produce synthetic diesel is under construction.	**↑	Company has been involved in R&D of gasification technology for a long period of time. Limited commercial experience to-date. The company has secured partnerships with Shell, Volkswagen and Daimler for their synthetic diesel work.
Choren Industries <i>Germany</i> <i>Carbo-V</i>	Small	Plastics, MSW, WEEE		Tested at pilot scale. The extent of this programme is unclear.	**	Feedstreams only tested at pilot scale facilities. Company's current focus appears to be on the processing of biomass materials.
Compact Power <i>UK</i>	Small	Medical waste		Pyrolysis + gasification + closed coupled combustion. 8,000 tpa plant operated commercially by Compact Power treating medical, pharmaceutical and confidential waste and also used as demonstrator for other waste materials. We understand that Ethos is intending to combine this process with their existing bio-drying technology.	(**↑)	A West London based waste management company which has recently acquired Compact Powers. We understand that Ethos will continue with all of the company's current projects.
	Small to medium	MSW, RDF		Scaled up plant 28,000 tonnes for residual MSW planned for the site. We understand that Compact Power's new owners Ethos are intending to continue with this project.		

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Compact Power <i>UK</i>	Small	Shipboard waste	●	Commercial projects on naval vessel have been announced.		See above
Condens <i>Finland</i>	Small to medium	Wood	(●)	Fixed bed updraft gasification Developed the 'Novel' Gasification process in conjunction with VTT Technical Research Centre of Finland. Small demonstration facility in operation since 2005.	*	Company founded in 1987 focuses mainly on abatement systems such as scrubbers and air filters, but offers the 'Novel' Gasifier technology in conjunction with VTT.
ConocoPhillips <i>USA</i>	Large	Coal and Petcoke	(✓)	Two-stage oxygen blown entrained flow slagging gasification Technology developed by Dow during the 1970's-80's. Destec Energy spun off by Dow in 1989 and the Wabash River coal gasification plant (2,500 Tpd coal, 262 MWe) in Indiana was built. NGC Corporation purchased Destec from Dow in 1997 and changed their name to Dynegy in 1998. Global Energy acquired Dynegy's gasification assets in 2000.	(*****)	Major oil company acquired E-Gas technology from Global Energy in July 2003. Global Energy retains ownership of Wabash River. ConocoPhillips developing a new petcoke IGCC project with Fluor (South Illinois Clean Energy) – but no further plants yet built.
Cosmo Powertech <i>India</i>	Small to medium	Biomass	(●)	Fixed updraft bed gasification Gasifiers provided by the company appear to be operating at various steel facilities; however this could not be confirmed by Juniper.	(***)	Information available about this company is limited. Company appears to be concentrating on the Indian market. The status of the company within the market could not be confirmed.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; (●) = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
D M 2 Verwertungstechnologien <i>Germany</i>	Small	Various biomass	()	Promote a gasification technology which the company refers to as 'Staged Reforming Technology'. We understand that the company has one pilot plant in Germany and two in Japan. They claim a number of projects that are to be realised by 2009 in both countries, however no commercial plants are yet being built.	*	Small German engineering company designing gasification plants for biomass applications at small scale.
Dasagren (Dasag Renewable Energy) <i>Switzerland</i>	Small	Wood	(●)	Fixed bed downdraft gasification The company refers to the technology as "IISc downdraft reburn gasification technology". A number of reference plants are reported, one of which appears to have achieved reasonable operating hours.	*	Company promoting Indian based Netpro Technology in Europe. No commercial project has yet been realised.
E-gas <i>USA</i>	see ConocoPhillips					
Eagle <i>Japan</i>	Large	Coal	○	Oxygen blown two-stage gasification Japanese development project processing coal. A 150 tpd demonstration unit has been operating since 2002. The process requires a dry feed material.	***	Electric Power Development Company of Japan developing the technology. Scale up plans exist but no other plant has yet been built.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ○ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
EarthFirst Technologies CAVD USA	Small	Scrap tyres	()	Pyrolysis + combustion This process (known as Catalytic Activated Vacuum Distillation) seems to have been operated at pilot scale.	**	Company appears to have operated a pilot plant since 2004. It recently announced plans for upgrading its pilot plant and delivery of ten CAVD plants in the Caribbean and Europe, but we have been unable to obtain further details.
Ebara TIFG Japan	Small to medium	MSW	✓	Fluidised bed gasification Six plants operating in Japan some with mixed fuels.	****↑	A strong track record in Japan and are actively seeking projects worldwide.
	Large	MSW	(✓)	The company has announced projects up to 1 million tonnes, but none of them has been completed as yet. The capacity is proposed to be achieved by using multiple lines.		
Ebara/Ube EUP Japan	Medium to large	Plastic waste to ammonia via syngas	●	Two stage gasification A low temperature fluidised bed gasifier followed by a high temperature oxygen blown slagging gasifier. The second gasifier is similar to the ChevronTexaco [qv] design.	****	A technical collaboration with Ube Industries. A 100 ktpa plant converts plastic waste into syngas for conversion into hydrogen (H ₂) and then ammonia (NH ₃) for fertiliser manufacture within the Ube chemical complex.
Ecologia Informatica T.W.R. Italy	Small	RDF	(●)	Rotary hearth and stationary gasification We understand that the company has one facility in operation in Italy and two more planned in Italy and The Netherlands.	(***)	We understand that this Italian based company was established in 1996.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; () = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
EER (Environmental Energy Resources) <i>Israel</i> PGM	Medium to large	MSW, RDF	(●)	Plasma-assisted updraft gasification Process employing Russian technology under licence (see Radon) and plasma torch technology from Pyrogenesis [qv]. First demonstration plant has been commissioned and operated for a short period of time.	**↑	Israeli company with individuals (including Russian experts) with relevant experience of gasification but limited experience with MSW.
Emery Recycling <i>USA</i>	Medium	Shredded scrap tyres	(●)	Fixed bed updraft gasification Pilot unit is reported to have processed scrap tyres. Experience with MSW appears to be limited. To date the company has provided us with very limited data.	**	Pilot trials supported by US government grants. No commercial plants yet built. The company has changed its name recently and it is unclear whether the technical expertise has been transferred to the new company.
	Medium	MSW	?			
Emery Recycling <i>USA</i>	Medium	Waste Wood	(●)	Pilot unit is reported to have processed wood wastes, but no data has been made available for review.	**	As above.
Encore Environmental Solutions <i>USA</i>	Small	Hazardous waste	(●)	Plasma gasification The company has a demonstration facility in Ohio. No data available for review.	NR	Markets a plasma pyrolysis and vitrification system for hazardous waste. It is unclear whether this company is still trading.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; (●) = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Energia Natural de Mora	See Eqtec Iberia					
Energos Norway	Small to medium	MSW	✓	Gasification + close-coupled combustion Six modular plants supplied (five in Norway and one in Germany). The majority of plants produce saturated steam for over-the-fence customers. Maximum size to date is 75 ktpa in two lines.	***	Energos was a leading supplier of gasification plants in Europe. They filed for bankruptcy in 2004 and the IPR and human assets were acquired by Ener-G in 2005. The first commercial plant supplied since the acquisition is under construction on the Isle of Wight, UK.
		MSW, RDF	?	Gasification + Combustion (in two reactors) Modified reactor configuration not yet demonstrated but being employed at a new facility in the UK.		
Energem Canada	Small to medium BioSyn	RDF, Mixed plastic wastes	() ↑	Bubbling fluidised bed gasification Technology demonstrated in a pilot plant in Canada and in one commercial plant in Spain (20 ktpa) processing plastic waste which we understand is no longer operating.	**↑	Small Canadian company with limited resources. Technology supplied via licensees (see Novera). Two RDF projects (one in Canada and one in London, UK) have been announced.
		Medium to large	Oil sands	?		




SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Enersol Technologies USA	Small	LLR, Munitions		Plasma gasification Marketing a plasma gasification process developed by VRI [qv].	**	Company now marketing the PEPS technology (see VRI) and another plasma gasification process called EGP (Enersol Gasification Process).
	Small	Various wastes	?	Plasma gasification Conceptual design that does not appear to have been implemented at any scale.		
Enerwaste International Corporation USA	Small to medium	MSW		Gasification + close-coupled combustion A number of small scale plants in the Americas. Technology could be construed to be starved air incineration.	**	Company now promoting the EWOX process. Not all reference plants built by this organisation.
Entech Australia	Small to medium	RDF	()	Pyrolytic gasification + combustion Company offering a 2-stage low temperature starved air process. Claim to have at least seven reference plants processing RDF in Australia and Asia. Have quoted on projects in Europe but not yet established any track record.	(***)	Australian company that claims to have supplied more than 100 plants internationally. Some might regard the technology as starved air incineration.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◻ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Enviroarc Technologies Norway Pyroarc	Small	Tannery waste, other hazardous waste.	●	Fixed bed updraft gasification + plasma polishing Has implemented a system that includes an updraft gasification reactor + plasma torches for cracking of tar droplets. Small commercial plant processing tannery wastes started operation in 2001 in Norway. We understand the plant is currently not operating.	***	Small Norwegian company that have had exclusive worldwide rights to market, sell and build the Pyroarc technology since 1999.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Envirotherm <i>BGL</i> <i>(British Gas/ Lurgi Gasifier)</i> <i>Germany</i>	Large	RDF, MPW briquetted sewage sludge co-fired with coal	●	Slagging updraft gasification The process was originally developed by British Gas in collaboration with Lurgi and was operated at two pilot plants in the UK (1975 – 1985 and 1985 – 1991) treating bituminous and hard coal respectively. Since 2000 the process is applied to treat various waste materials together with coal.	(***)	Envirotherm is an engineering company with its technical focus in synthetics and fuel gas generation from solid (waste based) feedstocks. The company was formed by staff of Lurgi involved in their gasification business, when the company decided to cease its activities in this market. Envirotherm acquired all related Lurgi assets, such as patents, references, documentation, marketing rights etc. for this process. Envirotherm do not appear to have yet built any facilities.
Envirotherm <i>CFB</i> <i>Germany</i>	Large	Wood, RDF and various wastes co-gasified with lignite	●	Circulating fluidised bed This process was originally developed by Lurgi and was part of the assets that were sold to Envirotherm in 2003 (see above). Company supplied this process to the Rüdersdorf cement facility in Germany to convert a range of waste materials and lignite into syngas for use in the cement kiln to displace coal. The ash is also used a feed material in the cement making process. A facility treating waste wood started up in The Netherlands in 2000. However we are aware that due to a number of issues (apparently down-stream of the gasifier), this plant was not operational for some time but we were told that the facility is now back in full operation.		Envirotherm is now part of Allied Environmental Solutions Inc. The technology is promoted by Allied Syngas in the USA.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
EPI (Energy Products of Idaho) USA	Medium to large	Biowaste and Industrial waste	●	Fluidised bed gasification One reference plant treating bio-waste and industrial waste has been operating for more than 20 years. Another treating agricultural waste has ceased operation.	***	A leading fluidised combustion equipment supplier with considerable experience. However involvement in gasification technology is more limited.
		RDF	◐	Limited trials conducted on in-house pilot unit. Currently offering the gasification technology for both close-coupled combustion applications to produce steam and indirect co-combustion to produce a syngas for use in power utility boilers. Also providing their fluidised bed gasification technology as the first stage of a combined process (gasification + plasma melting) to APP [qv].		
EPI (Energy Products of Idaho) USA	Medium	Sewage sludge	(●)	Reference plant built but no longer in operation.	***	See above.
	Large	Wood chips	(●)	Status of this reference plant in unknown.		

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Eqtec Iberia <i>Spain</i>	Small to large	Industrial biowaste	●	Fluidised bed gasification One commercial plant in operation since 1997 processing 7.5 ktpa of almond shells. Gasifier was designed and developed by 'Energia Natural de Mora'. A large facility is under construction and planned for completion by the end of 2007.	**	Eqtec Iberia is a subsidiary of Eqtec International, a Dutch company involved in energy technology, focussing on engine and boiler equipment.
Ethos Recycling <i>UK</i> Compact Power	Small to medium	MSW, RDF	NR	See Compact Power	NR	Ethos Recycling (previously Sweeney Environmental) has acquired Compact Power [qv] following their filing for bankruptcy.
Europlasma	Small to medium	Industrial waste, MSW	◐↑	Plasma gasification + vitrification A project has been announced in Marcenx, France.	***	French company with long established record in plasma vitrification, now also pursuing other waste applications using their plasma gasification technology.
Ferco <i>USA</i>	See Silvagas					
Fluidyne <i>New Zealand</i>	Small	Wood materials	◐	Company is promoting three different units, one of which is reported close to starting commercial operation.	**	Fluidyne's founder has been involved in the gasification industry for over 30 years. The process has been licensed in Canada and Northern Ireland; however no commercial facilities have yet been built.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Foster Wheeler <i>Finland / USA</i> Pyropower	Large	Stand alone gasification of coal, peat, plastic waste, RDF	✓	Fluidised bed gasification The gasification technology is sourced from Finland, following the acquisition of Ahlstrom Pyropower. Reference facilities are mainly located in Scandinavia	*****	A world leader in the supply of fluidised bed thermal processes for biomass and waste applications for direct and indirect energy recovery.
Foster Wheeler <i>Finland / USA</i> Pyropower	Large	Biomass renewables projects using woody materials	✓	A number of reference facilities in Scandinavia and Belgium.		
	Large	Biomass and waste derived fuels co-gasified with coal to derive a syngas for co-firing in adjacent utility boiler.	●	A plant was constructed in Lahti, Finland in 1998 employing a circulating fluidised bed gasifier. The plant processes various biomass and waste fuels to produce a syngas which is injected into an existing coal fired boiler to displace 15% of the input coal. This concept is known as indirect co-firing where the problematic fuels are processed separately from the coal to minimise adverse impacts on the coal utility boiler.		

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◻ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Foster Wheeler <i>Pyropower</i> Finland / USA	Medium	Tetra-paks and other packaging wastes	●	Foster Wheeler has supplied a plant in Corenso, Finland to process 80 ktpa of drinks cartons. The bubbling fluidised bed gasification plant is owned by Stora Enso and UPM-Kymmene and recovers about 50 ktpa of aluminium and produces 165GWh of heat for district heating. The plant has operated since 2001.	*****	See above
Future Energy <i>Now Siemens</i> Germany	See Siemens					
General Electric (GE) USA	Large	Coal, petcoke and refinery residues	✓	Entrained Flow Gasification Acquired the ChevronTexaco entrained flow gasification technology . The fully proven gasifier and GE gas turbines can be integrated for IGCC applications. The 'one-stop-shop' for large scale power gasification plants.	*****	Large multinational corporate considered to be the current world leader in this space.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
<p>General Electric (GE)</p> <p>USA</p>	Large	MSW/RDF	?	Has announced that they are interested in offering plasma based gasification system for large scale projects. Details of the technology have not yet been put in the public domain. No projects yet announced.	* ↑	In contrast to their position as the world leader in refinery and coal applications, the company has not yet established a commercial track record in the MSW space. It has however held discussions with a number of parties in relation to the development of a plasma gasification system for large scale waste applications to complement their existing businesses in gas engines (Jenbacher), gas turbines (own technology) and entrained flow gasification (acquired from ChevronTexaco).
<p>GEM</p> <p>UK</p>	Small to medium	MSW, C&I waste, biowaste	(!)	<p>Fast pyrolysis</p> <p>Indirectly heated reactor producing syngas for conversion to electricity via gas engines. Demonstration plant built without gas engines is no longer operating. It has been announced that small scale facilities are under construction in the USA and the UK.</p>	**	Relatively small company offering the process in Europe and North America with limited track record to date. Also operates a pilot plant for customer trials.
<p>Geoplasma</p> <p>USA</p>	Large	MSW	?	<p>Plasma gasification</p> <p>Has announced the development of a large project in Florida citing Westinghouse/Hitachi Metals [qv] process experience, which is at much smaller scale. (see AlterNRG and Westinghouse).</p>	*	Geoplasma, a wholly-owned waste and energy subsidiary of Jacoby Development is a new entrant to the sector. They have recently announced that the engineering of their projects will be carried out by other parties.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Global Energy USA	Large	Coal, petcoke and wastes	(✓)	Was the owner of the E-Gas technology but sold it to ConocoPhillips in 2003. Has significant operating experience with the E-Gas process but could offer other coal/petcoke gasification processes. Owns the BGL gasifier demonstration plant at Westfield in Scotland which it has said it intends to redevelop.	***	A project developer who acquired the E-Gas slagging gasification technology and assets (the Wabash River coal IGCC plant) from Dynegy in 2000. Has continued to operate the Wabash River facility since then. Is currently developing a petcoke IGCC plant in Lima, Ohio. Has significant operating experience but has not yet built a plant.
Global Olivine UK	Large	Intends to process everything from hazardous waste to MSW in a single integrated facility	?	Integrated gasification concept with plasma core element While some elements of the process concept are proven, an integrated system has been proposed for some projects but no plant has yet been built.	**	Has been promoting the technology concept for a number of years in several geographies.
Hawkings Industries (HI) USA PBVP	Small	MSW	?	Plasma gasification Small scale facility was announced for Indianapolis to process medical, pharmaceutical and hazardous waste. To our knowledge no plant has yet been built.	*	This company markets a plasma-based technology which was designed by PEAT [qv].

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Hitachi Metals <i>Japan</i>	Small to medium	MSW and ASR	(●)	Plasma gasification The process was developed using Westinghouse [qv] plasma torch technology. Two small plants and a demonstration unit in Japan processing combinations of MSW and ASR have operated although we are aware that some technical problems were experienced.	***	A major player in the Japanese metals industry. The extent to which they wish to offer this plasma waste technology for future plants is unclear.
Hitachi Zosen <i>Japan</i>	Medium	MSW	✓	Fluidised bed gasification Modified their fluidised bed combustion technology to operate in gasification mode and added a fossil fuel fired melting furnace. Has built five operating plants in Japan.	*****	A major Japanese engineering company active in their home market for MSW applications. Best known for their incineration technology offered via licence arrangement with Von Roll Inova. Fluidised bed gasification technology is their own development.
Host <i>The Netherlands</i>	Small	Wood	●	Two reference facilities currently in operation.	***	One of the more experienced companies in the field of biomass gasification, more recently their focus appears to be on digestion technologies
	Small to medium	Biomass	◐↑	Reference facilities being commissioned.		

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
IGT-U-Gas USA	Medium to large	Coal	(D)	Fluidised Bed gasification The Institute of Gas Technology developed the U-Gas reactor which uses an agglomerating fluidised bed. A pilot unit was operated for many years and a number of demonstration plants were sold to Shanghai, China. The current status is unknown. Technology also available from Carbona.	(***)	A research & development company. Technology offered via licence. IGT produced basic design package for EPC contractor. (see Carbona)
Integrated Environmental Technologies (IET) USA PEM	Small	Medical waste	(D!)	Plasma gasification Process employs an electrode based plasma system. Plant operated on medical waste in Hawaii. We are aware that the facility has experienced operational problems.	***	This small US company is regarded as one of the more credible plasma companies. They have supplied small scale facilities for processing industrial waste, but have no commercial experience with MSW/RDF.
		Hazardous waste	(●)	Plasma gasification Relevant small scale reference plants in operation and has recently announced an order from Dow Coming, Michigan.	***	
IET Energy UK	Small to medium	RDF	(?)	Promotes a technology via a licence from Entech [qv] into the UK market.	*	This small UK company has been promoting a number of thermal processes for MSW applications. Currently they are offering the Entech process. To date IET has not yet supplied any facilities.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; (D) = demonstrated; (?) = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Interstate Waste Technologies (IWT) <i>Thermoselect</i> USA	Medium to large	MSW	(C)!	High temperature gasification Although the core technology has been demonstrated in Europe at commercial scale there were technical and commercial issues associated with the Karlsruhe plant that led to its closure. IWT claim to promote a modified version which is different from both the Karlsruhe design and that currently used at the Japanese reference plants.	*	Licensee of Thermoselect for certain markets. Although they have announced a number of projects, no orders have been finalised. Also trading in the Caribbean region under the name Caribe Waste Technologies.
ITI Energy UK	Small to medium	RDF	(C)	Downdraft gasification Technology developed in collaboration with Newcastle University. Demonstration facility built in Turkey – status unclear. We understand that other projects appear to be under development.	(***)	A small UK company founded following initial research work at Newcastle University with some pilot scale experience treating different biomass materials but limited experience with MSW and RDF.
ITI Energy UK	Small to medium	Wood	(C)	Reference facility in Wick, Scotland which ITI Energy informed Juniper would be commissioned in 2007. Data has not yet been made available for review.	*	See above.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; (C) = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
JFE <i>Japan</i> NKK	Medium	MSW	✓	Slagging updraft gasification Technology based on a vertical shaft furnace. Oxygen blown to melt inorganics. Has built eight commercial plants.	****	A major steel company formed by the merger of Kawasaki Steel and NKK. Active in waste management in Japan.
JFE <i>Japan</i> Thermoselect	Medium	MSW	✓	High temperature gasification Licensed Thermoselect technology. Built seven commercial plants in Japan that incorporated their own design modifications and improvements.	****	Offer two technologies: Thermoselect via licence and the shaft furnace type updraft gasifier developed by NKK.
Kawasaki Heavy Industries <i>Japan</i> KHI	Medium	MSW	●	Fluidised bed gasification KHI offer fluidised bed combustion plants for waste processing. This technology, which has been developed from their FB combustion technology, has been implemented at two commercial plants.	****	A leading Japanese engineering company active in thermal waste processing in Japan.
	Medium	MSW	◐	Slagging updraft gasification A shaft furnace slagging design technology (cf. Nippon Steel [qv]) has currently only been demonstrated at one small plant.	(****)	This technology has been developed in-house, and, as yet, has not been commercially proven.




SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Kawasaki Heavy Industries <i>Japan</i> PEM	Small	PCB's and asbestos		Plasma gasification Have developed a process based on IET [qv] technology. Have one demonstration plant in Japan which processed asbestos. Plant has been relocated and will process PCBs.	***	Leading Japanese engineering company involved with waste conversion technologies. Has a licence agreement from IET for Japanese market.
Kawasaki-Giken <i>Japan</i>	Small to medium	MSW		Slagging updraft gasification Shaft type gasification reactor with ash melting. Five small scale plants constructed in Japan.	***	A smaller Japanese engineering company active in the supply of thermal waste processes for MSW in Japan.
KRW <i>USA</i>	Medium to large	Coal		Agglomerating fluidised bed gasification reactor developed by the consortium of Kellogg-Rust-Westinghouse. 100MW IGCC plant built at Piñon Pine in Nevada. The plant reportedly experienced start-up problems. Current status unclear.	***	Kellogg, Rust and Westinghouse are large US EPC contractors operating in the power industry, but their track record in this sector is limited. No further plants have been built after Piñon Pine. It is not clear whether the consortium is still involved with this plant or active in the marketplace.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Kobe Steel Japan Kobelco	Medium	MSW	✓	Fluidised Bed Gasification Gasification variant with ash melting developed for Japanese market. Six plants built.	****	Originally part of Kobe Steel. Has now been divested into a separate company – Kobelco. Actively offer combustion and gasification plants for Japanese waste market.
Koppers-Totzek Germany	Large	Coal	(✓)	Entrained flow slagging gasification Reactor developed to operate at atmospheric pressure. Several commercial units were built in the 1950's but none since. Forerunner to both the Shell [qv] and Krupp Uhde's [qv] Prenflo designs.	NR	Process no longer offered. Included for historical reasons.
Krupp Uhde Germany Prenflo	Large	Coal	●	Entrained flow slagging gasification The Prenflo reactor (an elevated pressure process) was developed by Krupp Koppers (later Krupp Uhde) out of the Koppers Totzek [qv] atmospheric design. A 300 MW IGCC plant processing 3,000Tpd of a mixture of coal and petcoke was built in Puertollano, Spain and has operated since. No further plants have been built.	*****	Large German engineering company active in the power industry and offering a clean coal technology.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Krupp Uhde <i>Precon</i> <i>Germany</i>	Small to medium	MSW	?	Krupp Uhde developed a design that integrated the HTW (High Temperature Winkler) fluidised bed gasifier with the Molten Metal technology (also known as Catalytic Extraction Processing) . No plants were ever built.	NR	Company did not build a plant and appears to be no longer active in this market. Technology was licensed to Sumitomo Heavy Industries [qv] of Japan.
Kuntschar Energieerzeugung <i>Germany</i>	Small	Wood	✓	Fixed bed downdraft gasification 12 small scale reference facilities built in the last two years in Germany, Austria and Slovenia.	**↑	Kuntschar & Schlüter is an established German SME whose main focus is boiler and CHP plant manufacture. Recently founded Kuntschar Energieerzeugung to promote their wood gasification process.
Lemar Environmental <i>LSVP</i> <i>New Zealand</i>	Small	Sewage sludge	(●)!	Pyrolysis + Combustion + Vitrification Company developed a sludge vitrification process to complement their drying technology. Following the apparent failure of a two year demonstration project at Kapiti Coast in New Zealand, the company has discontinued the promotion of this process.	(**)	Lemar is a small company based in New Zealand, which is involved in the sludge treatment sector.
Lurgi <i>Germany</i>	Medium to large	Woody biomass	✓	Circulating fluidised bed gasification Lurgi built a number of reference plants, but in recent years does not appear to have promoted this gasification technology. The technology is now promoted by Envirotherm [qv].	NR	Lurgi divested its entire gasification business division to Envirotherm [qv]. Lurgi was assimilated into the Lentjes group, which was bought by Austrian Energy & Environment in 2007.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; (●) = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Lurgi <i>Germany</i>	Large	Coal	✓	Fixed bed updraft gasification Many worldwide references, the most well known being at Sasol in South Africa.	NR	See above
Martezo Renewable Energy <i>France</i>	Small	Wood	(✓)	Fixed bed downdraft gasification Over 50 reference plants claimed to be in operation in Asia, Africa and Europe. Most units are for power generation in remote locations. Operational performance of these units could not be confirmed.	****	One of the most experienced providers for small scale wood gasification equipment. We understand they are focussed on the French speaking market.
Mitsubishi Heavy Industries <i>Japan</i> <i>MHI</i>	Medium	MSW	◐	Fluidised bed gasification Developed in-house technology incorporating fluidised bed gasification with a secondary ash melter. One demonstration plant built in Japan.	***	A leading Japanese engineering company and supplier of moving grate incineration systems in the Far East with many at large scale. Has a limited track record in this specific market segment (gasification).

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; **NR** = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Mitsui <i>Japan</i> <i>R 21</i>	Medium	MSW	✓	Pyrolysis + Combustion + Melting Licensed the technology from Siemens (who are no longer promoting the process) and modified certain elements of it. Has built six operating plants in Japan to date.	****	A leading Japanese engineering company operating mainly in their home market.
Mothermic <i>Germany</i>	Small	Wood	✓	Fixed bed gasification The company is operating a number of reference facilities in Germany	**↑	Small German company, established as a provider for boiler technology. Has expanded business to include wood gasification systems.
MTCI ThermoChem Incorporated <i>Pulse Enhanced Steam Reformer</i> <i>USA</i>	Medium	Black Liquor	◐	Steam reforming process Reactions take place in an indirectly heated fluidised bed reactor using steam as the fluidising medium. Technology developed and demonstrated in the paper & pulp industry with black liquor.	**	The extent to which MTCI is promoting their technology for black liquor applications is unclear.
	Large	MSW	?	Has been promoted for MSW applications at large scale. Existing experience is with black liquor (paper and pulp industry waste).	*	Actively promoting the technology for MSW but with limited project experience in this sector to date.




SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.





If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.



IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Nexus <i>France</i>	Small to medium	MSW, RDF, non-hazardous industrial waste		Vacuum pyrolysis The process was originally developed by Société Française de Thermolyse, and then further developed after the company was bought by Nexus. The process operated at one pilot plant facility and a commercial facility was being built when the company ceased trading.	NR	The company is no longer trading
Nippon Steel Engineering <i>DMS (Direct Melting System)</i> <i>Japan</i>	Small to medium	MSW		Slagging updraft gasification Shaft type gasifier developed for processing MSW. Oxygen added at the bottom to melt the inorganics. Most proven gasification technology for MSW applications in the world: 25 operating reference plants in Japan with more under construction.	****	The leading Japanese supplier of MSW gasification plants. A plant is also under construction in Korea via licence agreement with Posco.
NKK <i>Japan</i>	Medium to large	MSW, ASR, MPW		Slagging updraft gasification The process known as the Gasification Melting Furnace operated at a 1Tph pilot facility in Yokohama, built in 1996, and is now promoted by JFE [qv]. Eight plants constructed in Japan and operating.	NR	Major Japanese steel manufacturer and engineering company merged with Kawasaki Steel to form JFE [qv].

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND:  = fully proven;  = proven;  = demonstrated;  = conceptual; **NR** = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text.  against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications.  indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Noell <i>Germany</i>	Medium to large	Chemical wastes (various)	●	Oxygen blown entrained flow gasification. Installed plants at Schwarze Pumpe near Dresden and Seal Sands, UK before being taken over by first Babcock Borsig and then Future Energy [qv] now Siemens [qv].	NR	Company no longer exists,
Novera <i>UK</i>	Medium	RDF and SRF ²	(●) ↑	Fluidised bed gasification Technology offered under licence from Enerkem [qv].	**	Their team has experience with fluidised bed technology but so far they have not built a plant using the Enerkem process.
Okadora <i>Japan</i>	Small to medium	Tyres	●	Pyrolysis The "high speed carbonising system" was developed in 1997 and has been realised in a demonstration project.	**	The company, established in 1968 is a Japanese based process developer that markets a number of thermal systems mainly for drying applications in various industries.

² SRF = Solid Recovered Fuel (typically produced by MBT (Mechanical Biological Treatment) processes

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ● = demonstrated; ? = conceptual; **NR** = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
PEAT International (Plasma Energy Applied Technology) USA	TDR Small	Hazardous waste	(●)	Plasma gasification PEAT refers to the technology as Thermal Destruction & Recovery (TDR). They built a small scale demonstration facility for the US military and also one plant in Taiwan. Limited data available for review in the public domain.	**	PEAT developed a plasma gasification system known as TDR. The predecessors to PEAT International, PEAT Incorporated, were involved in legal proceedings with VRI [qv] about the IPR to the plasma process, which has now been resolved. PEAT International bought the assets of PEAT Incorporated in 2002. Though technology has been promoted for MSW, the current focus appears to be on small scale plants for industrial hazardous wastes.
	Small to medium	MSW	?	Plasma gasification Technology promoted for MSW applications but no plants have yet been built.	*	
PKA Germany	Medium	MSW, RDF and C&D wastes	(●)!	Pyrolysis + gasification + melting The first research plant of this process, based on a process originally developed in the 1970s, was built in 1983 followed by two small scale commercial units: one in Aalen and the other in Freiberg. Technology was licensed to Toshiba of Japan [qv].	NR	The company is no longer trading.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; (●) = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
PKA <i>Germany</i>	Medium	Sewage sludge	(●)	The Coras-H process was developed together with DBI Rohstoff- und Anlagentechnik to dry and gasify sewage sludge. The process was based on the PKA pyrolysis + gasification process but would have included an integrated sludge/dryer stabiliser and an ash melter. Two pilot reference facilities in Germany were cited by the company in the mid-1990's.	NR	See above
Planet Advantage <i>BOS (Batch Oxidation System)</i> <i>UK</i>	Small to medium	RDF, MSW	(●)	Gasification + close-coupled combustion First commercial plant being built in Scotland to treat up to 60 ktpa of SRF. The technology is said to have been implemented by others in small scale commercial projects in North and South America.	**	UK company promoting a 2-stage waste gasification + combustion process, which is marketed outside the UK as EWOX (Eco Waste Oxidiser) by the American company Enerwaste [qv]. Some would consider the technology to be incineration.
Plasco Energy <i>Canada</i>	Small to large	MSW	(●)↑	Plasma gasification Relatively small scale semi-commercial demonstration facility being implemented in Ottawa, Canada. Has had a pilot facility for some time.	**	Canadian company, formerly called Resorption Canada [qv] that is focused on the promotion of a plasma gasification process for treating various wastes including MSW.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; **NR** = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Plasma Environmental Technologies (PET) <i>Canada</i>	Small to medium	MSW	(●)	Plasma gasification Pilot scale plant on company's own site in Canada. Has not yet supplied any commercial projects.	**	Has more than one plasma technology targeted at a variety of feeds.. Developed the Plasma Assisted Gasification (PAG) process, which is targeted at MSW applications.
Plasma Pyrolysis Systems Inc. (PPSI) <i>USA</i>	Small	MSW, shipboard and hospital waste	?	Plasma gasification No plant yet built.	*	US company that promotes a plasma technology for waste as a joint venture with Interscience (a US-based R&D company). The process seems to be targeted at shipboard and hospital waste applications, but the company has not implemented a commercial project.
Plasma Renewable Energy (PRE) <i>Malaysia</i>	Large	MSW	?	Plasma gasification The company does not appear to have developed their own technology.	*	A project developer promoting plasma gasification as a solution for MSW applications. Does not appear to have developed their own plasma technology or have a specific licence for a specific plasma technology.
Prestige Thermal Equipment <i>South Africa</i>	Medium	MSW	(●)	Fast pyrolysis Intends to couple their pyrolysis system, which produces a syngas, to gas engines. Although the company is promoting the technology, only limited performance data is in the public domain.	**	In addition to seeking commercial projects in South Africa, the company has also partnered with 3 NRG to integrate this process with autoclaving technology. We understand they intend to build a facility in Bridgewater, South Wales.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; (●) = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
PRM Energy Systems <i>USA</i>	Small to medium	Biomass	✓	Fixed bed updraft gasification Well proven technology for biomass (such as rice husks and wood) with many references in the US and other geographies.	***	Small company with significant biomass gasification experience based in Arkansas, USA. Operate with geographical licensees but the extent of work carried out by the licensees is unclear.
Primenergy <i>USA</i>	Small to medium	Biomass	✓	See PRM	***	Licensee of PRM's technology based in Tulsa, USA. Has significant amount of gasification experience with biomass.
Primenergy <i>USA</i>	Small to medium	RDF	()	Claims to have trialed simulated MSW at pilot scale. (see PRM).	**	No commercial experience with MSW or RDF to date.
Procone <i>Prometheus</i> <i>Switzerland</i>	Medium to large	Wood	◐	Fixed bed downdraft gasification Two pilot plants operated for four years processing wood. One is currently being modified to treat C&I waste which we were told is more economically beneficial.	**	Small company that has been involved in gasification for a number of years.
Procone <i>Prometheus</i> <i>Switzerland</i>	Medium to large	C&I waste	?	Commercial plant under construction in Germany. One pilot plant currently being modified to treat C&IW. (see above)	**	See above

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Puhdas / Absolute Energy <i>Finland</i>	Small	Wood	(●)	Fixed bed downdraft gasification We understand the company has three reference units that have recently started operation.	***	A small Finnish company that is focussed on providing "heat producing solutions" for small scale applications. Currently very active in the Finnish market but they told Juniper they were looking to expand.
Pyroforce <i>Switzerland</i>	Small	Biomass	(●)	Fixed bed gasification Developed the process over the last 10 years and has operated a pilot facility since 2001. The gasifier is said to be based on the Klöckner Humboldt Deutz process promoted by AHT [qv]. No data has been made available for review.	NR	The information available regarding the supplier was insufficient to rate them.
Pyrogenesis <i>Canada</i>	Medium	MSW, shipboard, industrial waste	(●)	Plasma gasification The PRRS (Plasma Resource Recovery System) has a plasma gasification and a plasma polishing stage arranged in series. Ash vitrification trials have been conducted at pilot scale plant at company's own site in Montreal, Canada on various feeds including 'simulated MSW'.	*	Company has not yet supplied any PRRS systems, but they have supplied a different small scale plasma technology that operates in combustion mode for shipboard applications.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; (●) = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Pyromex <i>Switzerland</i>	<i>UHT</i> Small to medium	Sludges, MSW	(●)	High temperature gasification A test unit was built in 1995 and operated for some time treating various wastes. The company went on to build a 25 tpd commercial plant for waste water sludge in Germany.	**	Company developed a high temperature gasification system for treating various wastes. No commercial experience with MSW to date. Further projects were announced but do not seem to have been secured.
Radhe Renewable Energy Development <i>India</i>	Small to medium	Biomass briquettes	(●)	The company claims to have installed over 75 gasifiers in the last three years. Juniper could not confirm this.	NR	This Indian company is involved in the research, development and manufacturing of gasification equipment. They claim to be one of the leading providers in India with reference facilities all over the country. Juniper could not confirm this.
Radon <i>Russia</i>	Small	LLR and hazardous waste	●	Plasma-assisted updraft gasification Small development plant built and operated at the Kurchatov research institute for a number of years in Russia. Scaled up commercial unit installed at SIA Radon. Technology used as basis for the EER [qv] PGM process.	NR	SIA Radon hosts the 'Pluton' facility utilising the technology originally developed by the Kurchatov Institute. This technology is the forerunner of the process under development by EER for MSW applications.
Repotec <i>Austria</i>	Medium	Wood	●	Fluidised bed gasification Demonstrator facility commissioned in 2002 (Güssing).	**	The company has limited commercial experience and is mainly focussed on the design of facilities.
Resorption <i>Canada</i>	See Plasco Energy					



SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ● = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Rheinbraun <i>Germany</i>	HTW Medium to large	Brown coal, sewage sludge and plastics		Fluidised bed gasification The process (High Temperature Winkler) was developed for the conversion of brown coal (lignite) to heat and power. Rheinbraun has supplied several reference plants including one at Berrenrath in Germany that processes a mixture of lignite, sewage sludge and plastic residues.	NR	Large German company. Does not appear to be promoting the technology commercially at present.
Shell Global Solutions <i>The Netherlands</i>	Large	Coal, petcoke and refinery residues		The Shell oxygen blown slagging entrained flow gasifier was developed from the atmospheric Koppers Totzek [qv] design. A demonstration plant (250 tpd) was built in Houston. In 1994 a gasification plant (IGCC ³) was built at Buggenum in the Netherlands to process 2,000 Tpd coal. Shell has subsequently sold several plants in China.	*****	Major Dutch oil company active in the power industry supplying clean coal technology and gasification processes for refinery residues and petcoke. The company possesses a significant level of experience and expertise in this area and is probably the number two supplier in the world behind GE (ChevronTexaco).

³ Integrated Gasification Combined Cycle



SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Siemens <i>Germany</i>	Noell Large	Coal		Entrained flow slagging gasification Acquired the Noell technology and intends to use it for coal-to-power and coal-to-liquids applications. This technology has been applied at Seal Sand, UK & Schwarze Pumpe, Germany on chemical wastes, but the first coal gasification project has not yet operated.	(*****)	Acquired the GSP (Noell) entrained flow slagging gasification technology from its Swiss owners (Sustec Group) in 2006 to position themselves in the emerging clean coal IGCC space, particularly in China.
Siemens <i>Germany</i>	TWR Medium	MSW and C&D waste		Pyrolysis + Combustion The "thermal waste recycling process" (TWR) developed by Siemens in the mid-80s evolved out of a patented process invented by Karl Kiener in Germany. From 1995 – 1998 Siemens was one of the leading system suppliers. Unfortunately their first facility in Fürth in Germany experienced serious problems during the commissioning stages. Technology licensed to Mitsui [qv] and Takuma [qv] in Japan.	NR	Siemens is no longer actively promoting this process in Europe; however its licensees in Japan, Takuma and Mitsui are very active in the Japanese market and have built plants using the TWR process that have successfully operated for several years. (see Mitsui and Takuma).

⁴ also known as "Schwell-Brenn-Verfahren"



SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
SilvaGas USA Ferro	Small to medium	Wood		Circulating fluidised bed gasification Technology developed by Battelle Labs of Ohio employed two interconnected CFBs. The company was involved in a high profile demonstration project in Vermont. This plant experienced operational problems and the proposed gas turbine was never added.	**	Although a couple of projects treating wood materials were announced, to-date none have yet been realised.
SilvaGas USA Ferro	Small to medium	MSW	?	No MSW projects have yet been realised.	**	Has been promoting this technology for MSW applications from time to time.
Solena Group USA PGV	Small to large	MSW	?	Plasma gasification Have not yet built any plants and do not appear to have their own development facility.	*	Highly visible plasma company, promoting a plasma gasification system for MSW projects. Has announced various orders/contracts over the last several years, but no plant has yet been built.
Startech Environmental USA PWC	Small to medium	MSW		Plasma gasification to hydrogen Company has had their own demonstration facility for some time in Connecticut, USA, but little information is available in the public domain about tests with MSW.	**	Marketing a gasification system for processing numerous waste streams and biomass to produce either hydrogen or ethanol... A number of projects have been announced, but so far no commercial scale projects have been built.
Startech Environmental USA PWC	Small to large	Waste and biomass to ethanol	?	Has announced an initiative in this sector, but has declined to provide public domain information for review.		





SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Sumitomo Heavy Industries <i>N3T (PreCon)</i> <i>Japan</i>	Medium	MSW		Technology licensed from Krupp Uhde [qv]. Demonstration plant built in Japan.	(***)	Large Japanese engineering company with limited experience in MSW processing. Marketing in Japan, but no commercial plants yet built.
Takuma <i>Japan</i>	Medium	MSW + ASR		Rotary kiln pyrolysis + melting TWR technology licensed from Siemens [qv] (cf. Mitsui R21). Has built three plants but they are relatively small scale and one is processing ASR.	(****)	Leading Japanese supplier of large scale incineration plants (grate type) – now expanding into the European market. Less experience with this process which is only offered in Japan.
TechTrade <i>Germany</i> <i>Pyropleq</i>	Small to medium	MSW & sewage sludge		Rotary kiln pyrolysis Process produces a syngas which is sold 'over the fence' at the two existing German reference facilities (Burgau and Hamm). No experience of direct electricity supply.	(***)	Technology has had various owners including Mannesmann and Technip. Techtrade acquired the IPR via a management buyout but has not yet supplied a commercial plant.
Tetronics <i>UK</i>	Small to medium	Industrial		Plasma gasification Pursuing a range of industrial waste applications including hazardous waste, but no commercial facilities for these applications have yet been supplied.	***	UK based company with significant experience in providing plasma systems for metallurgical and ash melting applications but with less track record in waste gasification applications.
	Small to medium	RDF	NR	See APP.	NR	See APP.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Texaco USA	Large	Coal, petcoke and refinery residues	✓	Entrained flow slagging gasification Original technology developer of this technology.	NR	See ChevronTexaco and GE
Thermochem USA	See MTCI					
Thermogenics USA	Small to medium	Tyres, RDF	(●)	Fixed bed updraft gasification. Originally developed for biomass to liquid fuel applications. The process is now targeted at waste applications. We were informed that a facility in Italy was in operation between 2002 and 2004. Another unit has been operating intermittently in Texas since 2006 processing scrap tyres	**	US based company that has been promoting a gasification system for some time. While the company claims to have a number of projects in the pipeline, only one plant is currently in operation.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; (●) = demonstrated; ? = conceptual; **NR** = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Thermoselect <i>Switzerland</i> <i>HTR</i>	Medium to large	MSW	(●)!	Pyrolysis + Gasification + Melting Developed a novel two stage process combining pyrolysis and an oxygen blown gasification stage. The development of this HTR (High Temperature Recycling) process began in 1989 and a demonstration facility was operated on a semi-commercial scale from 1994 – 1999. Large scale commercial plant built at Karlsruhe but technical and commercial problems caused the plant to close after a number of years. Technology licensed to Kawasaki Steel of Japan and various other geographical players.	NR	The company is no longer promoting the technology themselves, but continue to receive royalties from licensees, some of whom are continuing to promote the technology for specific projects.
Thide Environnement <i>France</i> <i>EDDITH</i>	Small to medium	MSW, industrial waste	(●)	Rotary kiln pyrolysis Developed a pyrolysis process for converting MSW & industrial waste to a solid fuel (branded Cabor). A 50 ktpa plant in Arras, France has been undergoing prolonged commissioning. Three commercial reference plants in Japan appear to be operating successfully.	(***)	Based in France, company developed its technology and commissioned first pilot plant in 1991 in partnership with the Institut Français du Pétrole and Compagnie Générale de Chauffage. Sold a non-exclusive license for its technology to Hitachi for Japan.
Toshiba <i>Japan</i> <i>PKA</i>	Small	ASR	◐	Pyrolysis + gasification + melting Licensed PKA technology for use in the Japanese market for ASR processing.	***	The extent to which this company is offering this process for new projects is unclear.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
TPS (Termiska Processor) Sweden	Medium	RDF	(C)	Two stage fluidised bed gasification The process uses two bubbling fluidised beds, the 2 nd stage as a tar cracker. Italian demonstration facility (Grève en Chianti) operated on an RDF feed for a period of time.	(***)	Principally a technology development company rather than a process supplier. Designed a plant in Italy which was built by third party contractors.
TPS (Termiska Processor) Sweden	Medium to large	Energy crops	(C!)	Plant built in the UK (Arbre) as part of a proposed IGCC process. Project failed due to technical problems with the downstream syngas processing and utilisation equipment and the inability to source a long term contracted fuel supply.	(**)	
Traidec France	DTV Small	Industrial waste, tyres, sewage sludge	(C)	Pyrolysis + Combustion Company developed the DTV (Déchets Thermolysis et Valorisation) process initially for the treatment of human based clinical waste but then for scrap tyres.	NR	Built a pilot plant for processing tyres, which is no longer operational. The company has ceased trading.
Utah Valley Energy USA	Medium	Various wastes (including scrap tyres)	?	Pyrolysis The company is promoting the MPAT (McMullen Pyrolysis Advanced Technology) process together with a proprietary CCLC (Cascading Closed Loop Cycle).	*	Company was founded in 2004 by individuals claiming longstanding experience in the market. No facilities yet operational.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; (C) = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
VER Germany	Small	biomass	?	Fluidised bed gasification We understand the company has operated this technology at a pilot plant.	*	German process engineering company mainly focused on the construction of drying plants.
Vista International Nathaniel Energy USA	Medium to large	MSW	◐	Gasification + close-coupled combustion Technology originally developed by Nathaniel Energy. Company offers 3 different modular designs, the smallest being a trailer mounted system. We were told that their commercial plant in Italy has operated intermittently. The current status could not be confirmed by Vista. A number of projects are said to be currently under way.	***	Nathaniel Energy Corporation changed their name to Vista International Technologies in November 2007, following their acquisition by Vista International in August of that year. Nathaniel have been involved in gasification for many years, but their new parent is seeking to broaden their activities into a wider range of renewable energy technologies.
Von Roll RCP Switzerland	Medium to large	MSW	◐!	Pyrolysis + fluidised bed combustion + ash smelting Developed the RCP gasification process for MSW applications in the 1990s. The technology was retrofitted to an existing MSW incinerator at Bremerhaven, Germany but no follow on orders were received. The technology is no longer offered.	NR	The company is now part of Austrian Energy & Environment (AE&E) who told us they only offer combustion technologies.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
VRI (Vanguard Research) <i>PEPS</i> USA	Small	LLR	()	Plasma gasification A small scale demonstration unit was constructed at a US military site in Lorton, Virginia.	NR	Company that was actively promoting the PEPS (Plasma Energy Pyrolysis) process for hazardous waste applications. The PEPS process is now being marketed by Enersol [qv]
Waste Gas Technology UK	Small to medium	Sewage sludge, biomass	!	Fast Pyrolysis Process designed to convert solid organic materials into a syngas with a sufficiently high CV to be utilised directly by a gas engine for power generation. The process was demonstrated at a sewage works operated by Welsh Water but experienced significant technical challenges and was subsequently removed from site.	NR	Company was formed in 1992 to develop and commercialise a thermal conversion technology. Company filed for bankruptcy and the IPR was acquired by Ener-G in 2002. Ener-G now focuses upon their Energos [qv] technology for the MSW market.
Wastegen <i>Pyropleq</i> UK	Small to medium	MSW	●	Rotary kiln pyrolysis + Combustion Promotes the Techtrade [qv] technology in the UK and certain other markets.	*	Small UK company marketing the Pyropleq process with a licence from Techtrade. Has not yet secured an order.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; () = demonstrated; ? = conceptual; **NR** = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Waste-to-Energy UK	Small to medium	Sludges and other wastes	(C)!	Fixed bed downdraft gasification Company developed two pilot plants for the treatment of sewage sludge with Thames Water (under the name of Ventec) and Anglian Water (under the name of BRER). Neither of the projects was successful and the pilot plants have since been removed from the respective sites.	(**)	The company is still active; however it is unclear to what extent they are still promoting the gasification process.
Waterwide New Zealand	Small to medium	Wood and biomass	(✓)	Gasification + close coupled combustion Developed a gasification technology (grate gasifier + cyclonic combustor) A number of reference plants were supplied to process a variety of biomass feeds.. Licensed the technology to Renewable Energy Corporation, who promoted it for MSW applications.	NR	No longer active. Company went into liquidation.
Wellman Process Engineering UK	Small to large	Wood chips and forest residues	C	Fixed bed updraft gasification Long established supplier of small scale gasification units, but with more limited experience in this application. Wellman developed wood gasification systems that have been tested at a pilot scale.	NR	We understand that the company is no longer active in this field and have been acquired by the KwikPower Group.





SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; C = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.

Gasification

Supplier	Scale	Application	Provenness	Comments	Supplier Classification	Comments
Westinghouse Plasma Corporation USA	Small	MSW and ASR		Plasma gasification Commercial experience relates to Hitachi Metals [qv] reference plants for which Westinghouse only supplied the basic design of the reactor and the plasma torches.	NR	Widely regarded as a leading supplier of plasma torch technology. The company has recently been bought by AlterNRG [qv], who are seeking further licensees for these technologies as well as jointly developing projects with third parties such as Geoplasma [qv].
Westinghouse Plasma Corporation USA	Large	MSW		Plasma gasification We understand that Westinghouse is providing some elements of design for a number of large scale MSW projects.		
Xylowatt Belgium	Small	Wood		Fixed bed downdraft gasification The company has developed standard modules which have been implemented at a number of reference plants operating in Belgium. Further facilities are said to be planned.	***	Company was formed following a range of smaller R&D projects carried out at University of Leuven in Belgium. The company is an SME with limited commercial experience. It should be noted that a company with the same name existed in Switzerland, who has since ceased trading.
Ze-gen USA	Small to large	C & D waste		Pyrolysis + induction melting Small scale demonstrator plant has been constructed in the US. The status is unclear.	*	Recently formed company that previously promoted a plasma based technology.

SCALE: For non-biomass - 'small' = 20-75 ktpa, 'medium' = 75-250 ktpa, 'large' >250 ktpa, **for biomass** - 'small' < 8 ktpa, 'medium' = 8-80 ktpa, 'large' >80 ktpa

LEGEND: ✓ = fully proven; ● = proven; ◐ = demonstrated; ? = conceptual; NR = not rated.

If a rating is (bracketed) this indicates that it has been qualified for some reason, as discussed in the text. ! against a rating indicates that Juniper is aware that significant technical, operational or environmental issues were identified at a key reference facility which we believe may be a cause of concern in relation to particular applications. ↑ indicates that it is anticipated that the rating may be raised in the near future if developments continue as expected. See page 4 for further details and see page 5 for supplier classifications.

IMPORTANT NOTE: JuniperRatings relate to the overall stage of development of a process and not to project specific criteria. We assess the core technology and the confidence that customers can have in its overall 'deliverability'. The ratings do not relate narrowly to environmental impacts or economics, since these are largely project specific. These ratings should therefore only be used as a guide to inform decision making.



Thank you for purchasing this report from Juniper. We endeavour to ensure that all information is correct at the time of publication. We value your comments and feedback, if you wish to contact us the email address is shown below.

Visit www.WasteReports.com regularly to see the latest additions to our range of Management Briefings, Process Reviews, Sourcing Guides and JuniperRatings. Alternatively, call us to discuss ways in which we can help your business to stay ahead in the ever changing world of renewable and alternative energy including project-specific consulting and due diligence.



© Juniper Consultancy Services Limited, Bathurst House,
Bisley Road, Stancombe, GL6 7NH England
Tel. +44 1452 770078 Fax. +44 1453 860882
Email: info@juniper.co.uk Web: www.juniper.co.uk
Registered in England number 2580687 VAT Registration number GB 572 6379 12

2013

Gestion des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine

Rapport synthèse final

DURBECQ T., TAGNIT-HAMOU A. et TITA G.

Étude réalisée en collaboration avec PYROGENESIS CANADA INC.

PARTENAIRES TECHNIQUES



Hubert Cabana, David Harbec,
Donaldo Lopez Martelo, Lionel Muraz
et Ammar Yahia

PARTENAIRES FINANCIERS

*Un des Laboratoires ruraux
de la Politique nationale
de la ruralité*

Québec 

Avec la participation du :

- Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire
- Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche, de la Science et de la Technologie



Municipalité des
Îles-de-la-Madeleine



Gestion des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine

Rapport synthèse final

Thibaud DURBECQ¹, Arezki TAGNIT-HAMOU² et Guglielmo TITA¹

¹ Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes (CERMIM)
37, chemin Central
C.P. 2280, Havre-aux-Maisons
Îles-de-la-Madeleine (Québec) Canada G4T 5P4
Courriel : cermim@uqar.ca

² Université de Sherbrooke
Faculté de génie – Département de génie civil
Groupe de recherche sur le ciment et le béton

Soumis au ministère de l'Éducation supérieure, de la Recherche, de la Science et de la Technologie (MESRST)

Le 1^e juin 2013 (version révisée le 17 juin 2013)

ISBN 978-2-9814153-0-1 (PDF)
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2013
Bibliothèque et Archives Canada, 2013

Autres partenaires financiers du CERMIM :

 UQAR



Coopérer pour créer l'avenir



SADC
Société d'aide au développement de la collectivité
des Îles-de-la-Madeleine

Ce document doit être cité comme suit :

Durbecq T., Tagnit-Hamou A. et Tita G. (2013). *Gestion des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine : rapport synthèse final*. Rapport soumis au ministère de l'Éducation supérieure, de la Recherche, de la Science et de la Technologie (MESRST). Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes, Îles-de-la-Madeleine (Québec), vi, 33 pages + annexes.

Nous pouvons ajouter à nos connaissances, nous ne pouvons rien en retrancher.

Arthur Koestler

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	1
2. CARACTÉRISATION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES DES ÎLES-DE-LA-MADELEINE ET ANALYSE DES ÉMISSIONS DE GES (VOLET A).....	2
2.1 Caractérisation des matières résiduelles	2
2.2 Préévaluation des émissions de GES.....	3
3. LA BIOMÉTHANISATION AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE (VOLET C).....	5
3.1 Le principe de la biométhanisation	5
3.2 Le potentiel de biométhanisation aux Îles-de-la-Madeleine	6
3.2.1 <i>Le traitement en voie cuvée-sèche</i>	7
3.2.2 <i>Le traitement en voie liquide-continu</i>	8
3.3 Coût d'opportunité de l'implantation de la biométhanisation.....	9
4. LA GAZÉIFICATION AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE (VOLET B ET D).....	11
4.1 Le principe de la gazéification au plasma	11
4.2 Le potentiel de la gazéification au plasma aux Îles-de-la-Madeleine	11
4.3 Les modalités d'implantation de la gazéification au CGMR.....	13
4.4 Le potentiel de couplage avec la biométhanisation.....	14
4.4.1 <i>Traitement du digestat par gazéification</i>	14
4.4.2 <i>Valorisation conjointe du syngaz et du biogaz</i>	15
4.5 La valorisation du vitrifiat.....	16
4.5.1 <i>La valorisation cimentaire du vitrifiat</i>	17
4.5.2 <i>La valorisation du vitrifiat comme inclusion granulaire dans du béton</i>	18
4.5.3 <i>Conclusion</i>	19
4.6 Retombées pour le territoire des Îles-de-la-Madeleine	20
4.7 Coûts d'opportunités associés à l'implantation d'un PRRS aux ÎdM	20
4.7.1 <i>Coût d'un PRRS valorisant les MR ultimes et sèches</i>	20
4.7.2 <i>Coûts d'un PRRS valorisant les MR ultimes, sèches et recyclables</i>	22
4.8 Étude de la maturité du PRRS.....	24
4.8.1 <i>Aspects technologiques</i>	24
4.8.2 <i>Aspects réglementaires</i>	27
5. CONCLUSION.....	30
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	32
ANNEXES	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Paramètres et résultats des modélisations pour le fonctionnement d'un biodigesteur aux Îles-de-la-Madeleine	6
Tableau 2 : Impact de la saisonnalité sur le fonctionnement de la biométhanisation	7
Tableau 3 : Budget cumulé pour chaque scénario de traitement des MR putrescibles selon le taux d'intérêt	9
Tableau 4 : Résultats de la modélisation du fonctionnement d'un procédé de gazéification aux Îles-de-la-Madeleine.....	12
Tableau 5 : Résultats des essais de performance du béton avec un taux de substitution cimentaire de 20 % de vitrifiat.....	18
Tableau 6 : Scénarios de traitement évalués pour l'analyse d'opportunité économique selon le taux d'intérêt	21
Tableau 7 : Scénarios de traitement évalués pour l'analyse d'opportunité économique (incluant les recyclables) selon le taux d'intérêt	23
Tableau 8 : Récapitulatif des résultats d'échantillonnage sur le PRRS	28

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Évolution des quantités de MR traitées par le CGMR de 2000 à 2010	2
Figure 2 : Émissions de GES du CGMR	3
Figure 3 : Représentation des principaux éléments d'une centrale en voie cuvée-sèche	7
Figure 4 : Principes de la gazéification au plasma.....	11
Figure 5 : Plan d'implantation du PRRS au CGMR.....	13
Figure 6 : Valeur calorifique des intrants selon les différents scénarios	15
Figure 7 : Valeur calorifique des intrants du scénario 1 selon la siccité du digestat.....	15
Figure 8 : Schéma de contrôle pour un moteur à gaz avec combustible d'appoint	16
Figure 9 : Variations du volume de syngaz produit par le PRRS et moyenne mobile du volume de syngaz valorisé	25
Figure 10 : Taux de disponibilité horaire entre le 15 janvier et le 14 octobre 2011	27

LISTES DES ANNEXES

Annexe 1 – Coût d'opportunité de la biométhanisation des MR putrescibles	34
Annexe 2 – Coût d'opportunité de la gazéification des MR ultimes et sèches.....	36
Annexe 3 – Coût d'opportunité de la gazéification des MR ultimes, sèches et recyclables	38

LISTE DES SIGLES ET DES ACRONYMES

3RV-E	Réemploi, réduction, recyclage, valorisation et élimination
BFS	Boues de fosses septiques
CERMIM	Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes
CGMR	Centre de gestion des matières résiduelles
CRD	Construction, rénovation et démolition
CRÉGÎM	Conférence régionale des élus Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine
GES	Gaz à effet de serre
GÎM	Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine
GJ	Giga-Joules
GMR	Gestion des matières résiduelles
ICI	Industries, commerces et institutions
ÎdM	Îles-de-la-Madeleine
ISQ	Institut de la statistique du Québec
MAMROT	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire
MDEIE	Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation
MWh	Méga Watt.heure
Nm³	Mètre-cube aux conditions standards de pression et température
MR	Matières résiduelles
PSVT	Programme de soutien à la valorisation et au transfert
UQAR	Université du Québec à Rimouski

1. INTRODUCTION

De par leur éloignement géographique et la taille réduite du territoire, les Îles-de-la-Madeleine sont contraintes d'envisager des stratégies novatrices dans la gestion des matières résiduelles (MR).

À ce propos, en décembre 2009, la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine a mandaté le Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes (CERMIM) pour l'aider dans l'élaboration et la mise en œuvre d'une approche de gestion intégrée des matières résiduelles sur son territoire.

Le CERMIM s'est ainsi mobilisé pour élaborer une programmation de recherche et pour rassembler un partenariat opérationnel avec l'Université de Sherbrooke et l'entreprise PyroGenesis Canada inc. Le CERMIM a aussi œuvré pour la recherche et l'obtention du financement provenant du MAMROT (400 k\$ /5 ans, Programme des Laboratoires ruraux), du MDEIE (390 k\$ /3 ans, PSVT-2 – puisé dans le Fonds Vert) et de la Conférence régionale des élus de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine (60 k\$ /3 ans). À ces contributions, s'ajoute celle de la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine (132 k\$ /5 ans).

Le programme de recherche s'est articulé en deux volets principaux. Le premier visait l'application des stratégies de 3RV par une approche d'innovation sociale, tandis que le second consistait en une approche d'innovation technologique par une étude de faisabilité sur l'intégration de technologies permettant l'obtention d'un taux de valorisation record des MR (>90 %).

Le volet d'innovation technologique, faisant l'objet du présent rapport, a eu pour objectif spécifique l'étude du potentiel de couplage de deux technologies, soit la gazéification et vitrification au plasma des MR ultimes, développée par PyroGenesis Canada, avec la biométhanisation des MR putrescibles. Ce volet visait aussi à identifier des pistes de valorisation du vitrifiat issu de la technologie au plasma.

Ce rapport est une synthèse des résultats obtenus dans le cadre du volet d'innovation technologique du programme de recherche coordonné par le CERMIM. Les activités de ce volet se sont déroulées entre novembre 2010 et mars 2013.

2. CARACTÉRISATION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES DES ÎLES-DE-LA-MADELEINE ET ANALYSE DES ÉMISSIONS DE GES (VOLET A)

L'évaluation de nouvelles approches de valorisation des matières résiduelles nécessite une bonne connaissance du système de gestion actuel. C'est pourquoi un portrait de la situation actuelle a été complété en procédant à une caractérisation des matières résiduelles et à une préévaluation des émissions de GES du service.

2.1 Caractérisation des matières résiduelles

La caractérisation des matières résiduelles des Îles-de-la-Madeleine a été réalisée en deux étapes : (1) une compilation des données historiques d'arrivages au Centre de gestion des matières résiduelles (CGMR) des Îles-de-la-Madeleine et (2) une caractérisation de la composition des bacs de matières recyclables et ultimes.

Plusieurs observations ressortent de cette caractérisation (Durbecq *et al.*, 2012). Tout d'abord, les quantités de matières résiduelles reçues sont stables depuis une dizaine d'années, tout comme les proportions entre les différentes catégories de résidus (Figure 1). Par ailleurs, les résultats de caractérisation montrent que près de 50 % des contenants de bac noir (déchets ultimes) sont toujours constitués de matières qui auraient pu être détournées vers le compostage ou le recyclage. Ce constat démontre qu'il y a un potentiel d'amélioration du tri à la source, dans les résidences comme dans les ICI (industries, commerces et institutions). Finalement, il ressort que les quantités reçues au CGMR sont sujettes à une très grande variabilité intersaisonnière qui suit le cycle annuel de la pêche et du tourisme.

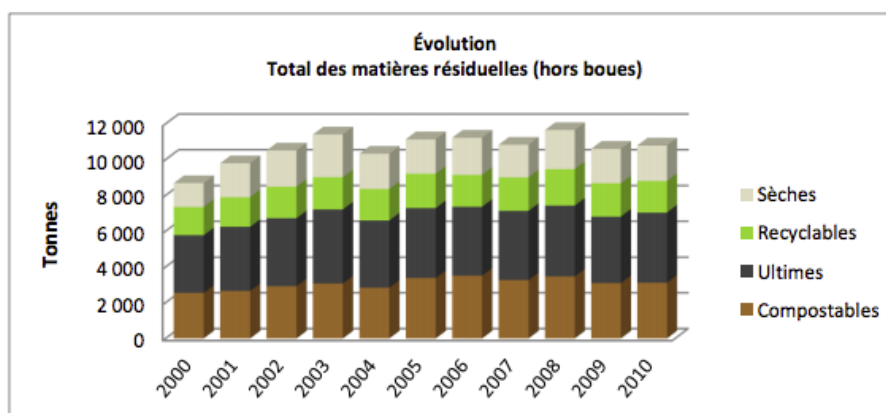


Figure 1 : Évolution des quantités de MR traitées par le CGMR de 2000 à 2010

Les résultats de la caractérisation des MR issues de la collecte municipale sont disponibles dans deux rapports produits par la firme Roche, dont un porte sur un échantillonnage en période hivernale (Roche, 2011A) et l'autre en période estivale (Roche, 2011B).

2.2 Préévaluation des émissions de GES

Une préévaluation des émissions de GES du système de gestion des matières résiduelles a été réalisée en s'inspirant des recommandations de la norme ISO 14064-1 (Thibodeau *et al.*, 2013). Les résultats suggèrent que, toutes sources confondues, les émissions de GES proviennent majoritairement (1) du processus de compostage, (2) de la consommation d'électricité provenant de la centrale thermique d'Hydro-Québec et (3) des collectes porte-à-porte et de boues réalisées en sous-traitance. Toutefois, les émissions liées au transport des déchets jusqu'au site d'enfouissement près de Victoriaville ainsi que les émissions fugitives résultant de cet enfouissement ne sont pas considérées.

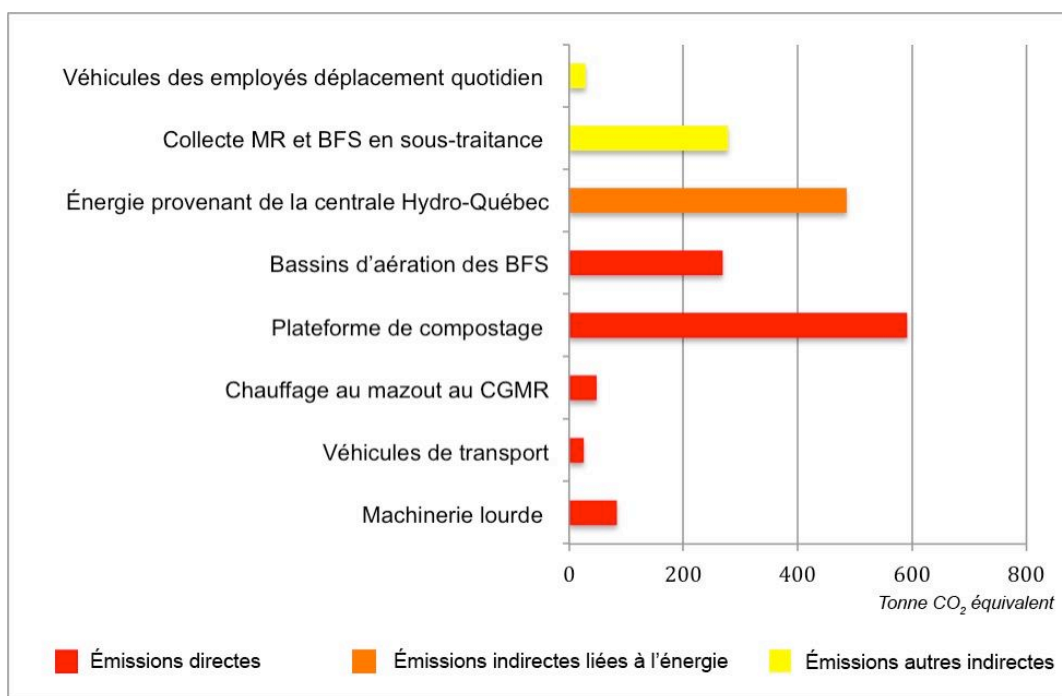


Figure 2 : Émissions de GES du CGMR (2010)

L'analyse des résultats démontre que des technologies de valorisation énergétique des matières résiduelles telles que la biométhanisation et la gazéification au plasma paraissent intéressantes puisqu'elles permettraient de faire diminuer les émissions issues de la consommation d'électricité. À ce propos, il est pertinent de mentionner que le facteur d'émission associé à la consommation d'électricité aux Îles-de-la-Madeleine est de

670 g_{CO2}/kWh alors qu'il est de 2 g_{CO2}/kWh pour le réseau principal du Québec. La production d'électricité à partir d'énergie renouvelable est donc un moyen pour réduire les émissions de GES du territoire, ce qui pourrait éventuellement générer des revenus par la vente de crédits de carbone.

De plus, il est constaté qu'une fraction importante des émissions de GES est issue des processus de traitement des matières résiduelles organiques par compostage et traitement aérobie (boues). La biométhanisation des matières résiduelles permettrait certainement de faire diminuer ces émissions dans une proportion qui reste à définir.

3. LA BIOMÉTHANISATION AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE (VOLET C)

3.1 Le principe de la biométhanisation

La biométhanisation, ou digestion anaérobie, est une dégradation bactériologique de la matière organique qui convertit cette dernière en un combustible (le biogaz) et un coproduit ayant une valeur agronomique (le digestat). Le biogaz est un combustible qui peut être valorisé sous forme de chaleur et d'électricité, dans un réseau de gaz ou comme carburant dans des véhicules adaptés. Selon certaines études (Moletta, 2008) et des discussions téléphoniques avec des experts, il semble que la valorisation comme gaz naturel ou comme carburant ne soit pas rentable pour de faibles quantités (seuil de rentabilité à 250 Nm³/h de méthane). La voie de valorisation retenue est donc la cogénération (électricité plus chaleur).

Le digestat peut être valorisé comme amendement agronomique sous forme liquide (épandage aux champs) ou sous une forme solide après compostage ou séchage. Toutefois, aux Îles-de-la-Madeleine, l'épandage du digestat est difficilement envisageable en raison des odeurs (proximité avec l'habitat), des contraintes règlementaires¹ et de l'acceptabilité sociale du produit. Le compostage semble donc être la voie à privilégier même si elle est la plus onéreuse des solutions de traitement.

La biométhanisation s'effectue en milieu anaérobie liquide (siccité <20 %) ou « sec » (siccité >20 %). Elle est réalisée aux gammes de température psychrophile (15 °C), mésophile (30 °C) ou thermophile (45 °C) et en mode cuvée ou continu. Généralement, les conditions d'opérations sont choisies selon les caractéristiques des intrants.

Le développement progressif de ce type de traitement des matières putrescibles à l'échelle internationale a permis la mise au point de nombreuses technologies déclinant les différentes conditions d'opérations possibles. Un survol de ces différentes options a été effectué par l'Université de Sherbrooke (Amarante, 2010).

Afin de favoriser le développement de cette filière, le gouvernement du Québec a publié un programme qui subventionne les investissements des municipalités dans de nouvelles installations de biométhanisation (MDDEFP, 2013).

¹ La réglementation du MAPAQ ne permet pas l'épandage de matières résiduelles fertilisantes (MRF) contenant des matières fécales humaines sur des cultures destinées à l'alimentation humaine, sauf si ces MRF sont certifiées par le BNQ.

3.2 Le potentiel de biométhanisation aux Îles-de-la-Madeleine

Les Îles-de-la-Madeleine disposent de différentes MR aptes à la biodigestion : les résidus putrescibles de la collecte municipale (~1 700 t/an), les produits marins (~1 200 t/an), les boues des fosses septiques (~5 000 t/an liquide, ou 500 t/an si partiellement déshydratées) et diverses autres MR (~100 t/an). Ceci permettrait une exploitation de petite échelle.

Puisque les boues de fosses septiques peuvent être ajoutées sous forme liquide (pour diluer le mélange) ou après déshydratation (pour conserver une structure solide), cette étude a porté sur l'analyse des performances de deux modes d'opération, soit en *cuvée-sec* et en *continu-liquide*². De plus, les modélisations ont considérées des scénarios de traitement intégrant 100 %, 50 % et 0 % du total des produits marins reçus.

Les conclusions de deux approches, l'une par l'Université de Sherbrooke (Cabana et Lopez, 2013) et l'autre par l'entreprise sous-traitante (Electrigaz, 2012), sont assez similaires et suggèrent que le potentiel de production de biogaz des Îles-de-la-Madeleine varie entre 252 450 et 408 550 Nm³/an selon les technologies et les scénarios. Ce biogaz permettrait une production nette d'électricité variant entre 356 et 589 MWh/an en plus d'une production de chaleur comprise entre 1 420 et 2 235 GJ/an (tableau 1).

La saisonnalité des arrivages aurait des conséquences importantes puisque l'installation fonctionnerait à moins de la moitié de sa capacité durant la saison hivernale et produirait deux fois moins de biogaz (par rapport à la période estivale). Cette situation impliquerait inévitablement une hausse des dépenses d'immobilisations par rapport aux quantités traitées, ainsi que des difficultés supplémentaires à valoriser la chaleur produite (plus de deux fois plus de chaleur disponible en été qu'en hiver, voir tableau 2).

Tableau 1 : Paramètres et résultats des modélisations pour le fonctionnement d'un biodigester aux Îles-de-la-Madeleine

Mode	Source	Produits marins	Intrants		Biogaz Nm ³ /an	Électricité MWh/an	Chaleur GJ/an	Digestat solide	
			t/an	siccité				t/an	siccité
Cuvée-sec	Electrigaz	100%	4 200 ³	40,1 %	252 971	356	1 772	3 858	35,2 %
Continu-liquide	Electrigaz	100%	8 500 ⁴	9 %	317 311	589	2 235	2 700	20,0 %
	UdeS	100%	7 900 ⁵	15 %	408 550	556	2 072	2 055	29,6 %
	UdeS	50%	7 300 ⁵	12,1 %	340 002	499	1 666	1 510	29,2 %
	UdeS	0%	6 700 ⁵	8,6 %	271 455	396	1 420	920	30,2 %

² Les descriptions du fonctionnement de ces deux technologies sont disponibles aux sections 3.2.1 et 3.2.2

³ Incluant 800 tonnes/an de copeaux de bois

⁴ Incluant 600 t/an d'eau de dilution (lixiviat de la plateforme de compostage ou eau fraîche), excluant la recirculation de 2 300 t/an de digestat liquide.

⁵ Sans compter les besoins en eau

Tableau 2 : Impact de la saisonnalité sur le fonctionnement de la biométhanisation

Mode	Source	Produits marins	Intrants t/mois		Biogaz Nm ³ /mois		Électricité MWh/mois		Chaleur GJ/mois	
			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Cuvée-sec	Electrigaz	100%	515	159	30 240	10 080	39	12	226	39
Continu-Liquide	Electrigaz	100%	1 164	204	37 440	12 240	65	21	272	61
	UdeS	100%	1 412	236	48 709	13 303	50	16	211	93
	UdeS	50%	934	236	38 078	12 962	44	15	184	91
	UdeS	0%	879	236	32 777	12 732	39	15	166	60

3.2.1 Le traitement en voie cuvée-sèche

La majorité des technologies opèrent en continu avec des systèmes de brassage; ce n'est pas le cas des technologies en mode cuvée-sec. Le mode de traitement y est le suivant : les matières résiduelles putrescibles sont préalablement mélangées avec du digestat et du structurant (p. ex. copeaux de bois) par des pelles mécaniques. Le mélange d'une siccité de 50 % est ensuite entassé dans un conteneur étanche. Les étapes de méthanisation s'y effectuent durant environ 21 jours (en mode mésophile), sans aucun brassage. Les lixiviats sont automatiquement récupérés, réchauffés et ré-aspergés sur le tas. Plusieurs conteneurs sont opérés en parallèle pour obtenir une production continue de biogaz. Différentes firmes proposent ce type de technologie, comme BEKON et BIOFERM (figure 3).



Figure 3 : Représentation des principaux éléments d'une centrale en voie cuvée-sèche

Source : site Internet BiofermEnergy.com

Les avantages de cette approche sont : (1) la simplicité des installations, (2) la simplicité des opérations qui s'apparentent à du compostage, (3) le moindre coût d'implantation et (4) le fonctionnement en voie sèche qui élimine le traitement de boues et facilite le compostage.

Les résultats des modélisations d'Electrigaz (2012) montrent que cette technologie aux Îles-de-la-Madeleine permettrait une production de près de 356 MWh/an d'électricité et de

1 772 GJ/an de chaleur. Le coût d'immobilisation est évalué à 2,73 M\$ (hors subventions) avec un coût d'opération estimé à 93 000 \$/an (hors compostage).

Toutefois, bien que cette technologie présente des avantages indéniables pour les Îles-de-la-Madeleine, il semble qu'elle ne puisse pas être adaptée à un si faible volume et une si forte variabilité saisonnière. Ainsi, cette forme de biométhanisation ne paraît pas être une option viable pour l'archipel.

3.2.2 Le traitement en voie liquide-continu

Les technologies opérant en voie liquide sont actuellement les plus matures, les plus connues et les plus utilisées de par le monde. Ces procédés sont constitués d'un système de broyage et d'humidification des intrants qui produisent un substrat liquide. Celui-ci est acheminé vers un réacteur mélangé où il y est dégradé biologiquement pour produire le biogaz. Le digestat est extrait pour être déshydraté puis composté.

Selon Electriganz (2012), l'ajout des boues de fosses septiques permettrait de réduire le besoin en eau pour la dilution, ce dernier étant d'environ 2 900 m³/an, dont 80 % proviendrait du digestat liquide et le reste du lixiviat de compostage (si disponible). Par ailleurs, il semblerait possible d'utiliser les installations existantes du CGMR (système DAB et champs de polissage) pour la déshydratation et le traitement du digestat liquide. Ce faisant, le procédé s'intégrerait efficacement dans le système de traitement actuel.

La possibilité de traiter les coproduits marins reste incertaine. Si, d'une part, ils sont considérés comme indispensables par Electriganz pour atteindre une masse critique, d'autre part, ils ne paraissent pas contribuer significativement à la production de biogaz selon les modélisations de Cabana et Lopez (2013). Leur utilisation accentuerait tout de même les problèmes de saisonnalité des volumes à traiter.

Selon les scénarios d'opération choisis et la configuration (1 ou 2 biodigesteurs), il est estimé que le coût d'implantation d'un tel système aux Îles-de-la-Madeleine varierait entre 1,9 et 3,1 M\$ (hors subventions). Les coûts d'exploitation s'établiraient aux alentours de 120 000 dollars par année et génèreraient des revenus de vente d'électricité entre 100 000 et 160 000 dollars par an⁶. Il y aurait également une réduction des dépenses de chauffage du CGMR d'environ 12 000 \$/an⁷.

⁶ Selon le prix de rachat de l'électricité, variant ici entre 150 et 250 \$/MWh.

⁷ Économie basée sur la demande actuelle de chauffage du CGMR et la disponibilité de chaleur durant la saison hivernale. Toute l'énergie thermique hivernale peut être utilisée pour chauffer le CGMR.

3.3 Coût d'opportunité de l'implantation de la biométhanisation

Si on compare le coût total des scénarios de biométhanisation⁸ et de compostage pour le traitement des matières putrescibles aux Îles-de-la-Madeleine sur un horizon de 15 ans, on s'aperçoit que les résultats sont très similaires et se situent à l'intérieur de la marge d'erreur des analyses effectuées par l'Université de Sherbrooke et Electricgaz ($\pm 30\%$) (Durbecq *et al.*, 2013B).

Tableau 3 : Budget cumulé pour chaque scénario de traitement des MR putrescibles selon le taux d'intérêt de l'emprunt

Scénarios de traitement des MR putrescibles	Budget cumulé sur 15 ans (M\$) ⁹				Coût moyen à la tonne (\$/t) ¹⁰			
	5%	4%	3%	2%	5%	4%	3%	2%
Taux d'intérêt appliqué aux emprunts								
Scénario 1 : <i>Statu quo</i>	18,79	18,79	18,79	18,79	348	348	348	348
Scénario 2 : Investissement au compostage (0,5 M\$) ¹¹	19,15	19,13	19,11	19,09	355	354	354	353
Scénario 3A :Biométhanisation à 150 \$/MWh	19,82	19,74	19,67	19,59	367	366	364	363
Scénario 3B :Biométhanisation à 200 \$/MWh	19,32	19,24	19,16	19,09	358	356	355	353
Scénario 3C :Biométhanisation à 250 \$/MWh	18,81	18,73	18,66	18,58	348	347	345	344

Note : Des graphiques comparant, sur la période d'étude, le budget annuel de chacun des scénarios (pour chaque taux d'intérêt) sont présentés à l'annexe 1.

Toutefois, quel que soit le prix de vente de l'électricité, le coût de traitement des matières résiduelles par un procédé de biométhanisation (avec valorisation du biogaz par cogénération) semble être supérieur au *statu quo*. Le scénario du compostage avec investissement pour amélioration du système actuel présente un bilan financier généralement similaire à la biométhanisation.

Par ailleurs, bien que l'option de composter le digestat semble être l'option la plus viable sur le plan technique, elle représente une part importante des dépenses annuelles des scénarios de biométhanisation¹². Un mode de valorisation alternatif pourrait donc rendre cette technologie plus intéressante.

Il est à préciser qu'aucun revenu de vente de crédit carbone n'a été considéré dans cette analyse. Néanmoins, la production de 550 MWh d'électricité à partir de la biométhanisation nous permet d'estimer un **potentiel de réduction de 368 tonnes de CO₂ par année** sur la

⁸ Avec un système liquide-continu.

⁹ Somme des budgets annuels sur 15 ans

¹⁰ Sur la base du budget cumulé sur 15 ans. Considérant une quantité stable de 3600 t/an de MR putrescibles.

¹¹ Pour le scénario 2, le montant d'investissement envisagé de 0,5 M\$ pour la mise à niveau des équipements de compostage a été défini de manière arbitraire et n'est basé sur aucune analyse précise de l'état des équipements. Le montant réellement nécessaire à la mise à niveau des installations de compostage pourrait être supérieur ou inférieur à cette estimation dépendamment du mode de compostage envisagé, des équipements...

¹² Pour la première année, les dépenses estimées de déshydratation et compostage sont de 195 000 \$ sur un budget total d'environ 1,1 M\$, soit près de 18 % des dépenses annuelles associées à la gestion des matières résiduelles putrescibles.

base d'un facteur d'émission de 670 g_{CO2} pour la centrale Hydro-Québec des Îles-de-la-Madeleine (voir section 2.2).

Finalement, l'opportunité d'implanter un procédé de biométhanisation devrait aussi être considérée à la lumière des nouvelles lignes directrices encadrant les activités de compostage lesquelles exigent de revoir le système de compostage des Îles-de-la-Madeleine (MDDEFP, 2012), comme l'interdiction d'accepter des sacs compostables pour les systèmes de traitement en andains extérieurs.

4. LA GAZÉIFICATION AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE (VOLET B ET D)

4.1 Le principe de la gazéification au plasma

Le PRRS (Plasma Resource Recovery System) est un procédé de gazéification et de vitrification au plasma développé par la firme PyroGenesis Canada qui permet de valoriser les matières résiduelles (MR) en gaz de synthèse (syngaz), en lingots de métaux et en vitrifiat.

Le syngaz est un combustible qui permet de produire de l'électricité dans un moteur à combustion interne. Les lingots de métaux sont recyclables tandis que le vitrifiat peut être valorisé comme substitut cimentaire ou comme granulat.

Le fonctionnement est divisé en 4 étapes principales (figure 4) : (1) prétraitement des MR pour la réduction de la taille des particules et l'homogénéisation de leur composition, (2) gazéification dans la fournaise, (3) purification du syngaz sortant de la fournaise et (4) valorisation énergétique du syngaz dans un moteur. La composante non gazéifiée des MR est vitrifiée après fusion dans la fournaise.

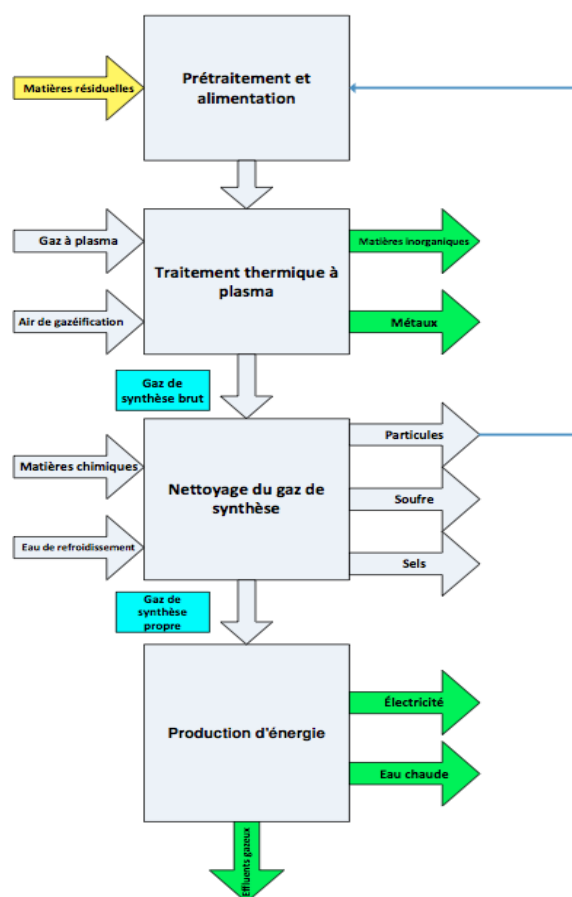


Figure 4 : Principe de la gazéification au plasma (PyroGenesis, 2013)

4.2 Le potentiel de la gazéification au plasma aux Îles-de-la-Madeleine

Les Îles-de-la-Madeleine disposent de différentes MR pouvant être traitées par ce procédé, notamment les MR ultimes (4 000 t/an) et les MR sèches (1 200 t/an, dont 800 t/an de bois). Le digestat de biométhanisation et les MR recyclables pourraient être traités également.

Trois scénarios d'étude ont été considérés et modélisés pour la haute et la basse saison, dont chacun représente un regroupement de MR traitées (voir tableau 4). De plus, pour chaque scénario trois options de valorisation énergétique ont été étudiées : (1) moteur seul, (2) moteur plus préchauffage de l'air de gazéification et (3) moteur plus préchauffage de l'air de

gazéification et ajout d'un cycle de Rankine à fluide organique (ORC). Les deux dernières options permettent de récupérer et valoriser la chaleur produite en réduisant le besoin de chauffage et en augmentant la production d'électricité.

Les résultats de modélisation (PyroGenesis, 2012A) suggèrent que la gazéification plasmatisque pourrait être consommatrice ou productrice nette d'électricité selon les scénarios considérés (tableau 4). En plus de sa production électrique, le procédé génère une quantité d'énergie thermique importante qui pourrait être valorisée selon les besoins à proximité. Le scénario permettant la meilleure production électrique est celui de traitement des MR ultimes, sèches et recyclables (scénario 2).

Tableau 4 : Résultats de la modélisation du fonctionnement d'un procédé de gazéification aux Îles-de-la-Madeleine.

	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3	
	MR ultimes, sèches et digestat		MR ultimes, sèches et recyclables		MR ultimes et sèches	
	HS ⁽ⁱ⁾	BS ⁽ⁱ⁾	HS ⁽ⁱ⁾	BS ⁽ⁱ⁾	HS ⁽ⁱ⁾	BS ⁽ⁱ⁾
Taux d'alimentation (t/h)	0,927	0,781	0,936	0,806	0,641	0,601
Production (kg/h)						
Métaux	56	23	72	31	56	23
Vitrifiat	120	161	118	158	70	117
Eau traitée	1 397	1 034	1 519	1 105	1071	813
Impuretés captées	52	45	60	48	41	36
Puissance électrique (kW)						
Moteur à gaz	487	491	741	562	519	406
Récupérée	114	96	128	102	89	77
ORC	0	0	81	81	81	0
<i>Puissance nette délivrée</i>	<i>HS Annuel BS</i>		<i>HS Annuel BS</i>		<i>HS Annuel BS</i>	
<i>Option 1</i>	-205	-160 -70	111	73 -3	-3	-21 -58
<i>Option 2</i>	-74	-36 40	257	209 111	96	74 29
<i>Option 3</i>	-106	-64 22	292	252 170	165	119 26
Puissance thermique (kW)						
T > 80°C (Op. 2 - Op 3)	638-752	662-758	904-952	745-766	704-711	589-666
T < 80°C (Op. 2 - Op 3)	1330-1340	1023-1024	1325-1329	1057-1059	916-917	797-797

Adapté de PyroGenesis (2012A) en appliquant un facteur de disponibilité de 85 % sur les résultats bruts de simulation.
(i) HS : haute saison (8 mois, avril à novembre). BS : Basse saison (4 mois, décembre à mars).

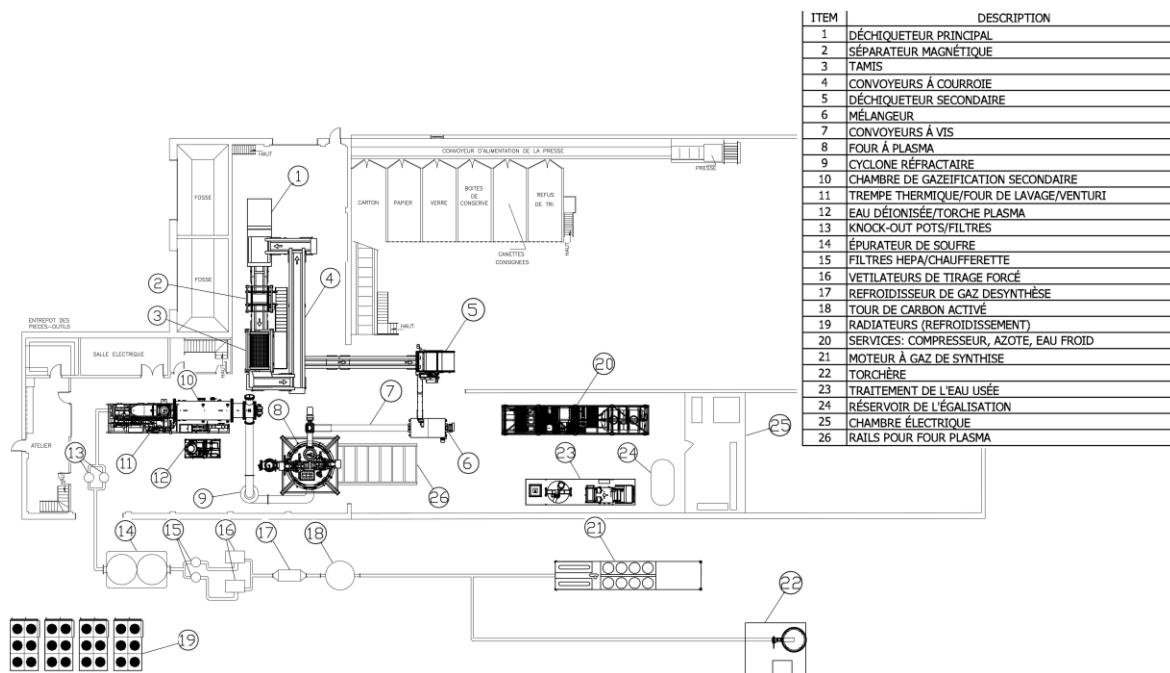
La production de vitrifiat varie entre 750 et 1 200 tonnes/an selon les scénarios et celle de métal entre 400 et 500 tonnes/an. Une certaine quantité d'impuretés est aussi produite et doit être disposée, tout comme les eaux traitées.

Puisque la scénario de valorisation énergétique des MR recyclables (scénario 2) représente une modification très importante du système de gestion des MR des Îles-de-la-Madeleine, avec des retombées potentiellement importantes sur le plan de l'acceptabilité sociale, il a été convenu, après consultation avec des partenaires municipaux, de privilégier le scénario 3

pour une analyse complète sur le dimensionnement et les coûts d'implantation et de se limiter à une estimation sommaire des coûts liés au scénario 2.

4.3 Les modalités d'implantation de la gazéification au CGMR

Les différentes unités nécessaires au fonctionnement du procédé ont été dimensionnées selon le scénario 3 (PyroGenesis, 2013 incl. 9 annexes). Selon des travaux préliminaires, le PRRS pourrait être installé au sein du CGMR en profitant des anciennes fosses d'incinération toujours présentes (figure 5). Le diagramme d'écoulement présenté à l'annexe C permet de mieux comprendre le fonctionnement du procédé ainsi que l'enchaînement des équipements.



**Figure 5 : Plan d'implantation du PRRS au CGMR
(adapté de PyroGenesis, 2013 – Annexe G)**

Selon l'échéancier préliminaire, le temps nécessaire à l'implantation d'un tel procédé serait approximativement de 29 mois auxquels s'ajouteraient 7 mois pour la mise en exploitation. Ce délai comprend le dimensionnement, la construction, l'implantation des infrastructures, l'obtention des autorisations et la formation des employés (PyroGenesis, 2013 – Annexe B).

On estime que la **réduction d'émission de GES pourrait atteindre 2 600 tonnes de CO₂/an** (PyroGenesis, 2013 – Annexe D), dont la valeur plancher en avril 2013 est estimée à 10 \$/tonne¹³. Cette diminution des émissions pourrait donc se traduire par des revenus.

4.4 Le potentiel de couplage avec la biométhanisation

Plusieurs options de couplage entre le système de traitement plasmatique et la biométhanisation sont envisageables, dont (i) le traitement du digestat dans la fournaise de gazéification et (ii) la valorisation conjointe du biogaz et du syngaz dans un même moteur.

Dans tous les cas, le couplage de la biométhanisation et de la gazéification au plasma pourrait permettre la réduction de certaines dépenses d'investissement et d'exploitation des infrastructures.

4.4.1 Traitement du digestat par gazéification

Le digestat de biométhanisation est une matière organique dont le potentiel biométhanogène est épuisé. Toutefois, il peut être gazéifié pour produire du syngaz. L'avantage identifié pour une telle combinaison de procédés est de réduire les dépenses de traitement du digestat tout en maximisant la production de combustible en forme de syngaz.

Selon les résultats de modélisation de PyroGenesis, l'énergie requise pour l'évaporation de l'eau contenue dans le digestat rendra le procédé consommateur net d'électricité, alors qu'il est producteur pour les autres scénarios (tableau 4). En effet, la valeur calorifique du mélange entrant dans la gazéification diminue fortement lorsque le digestat est traité, et ce, dépendamment du taux d'humidité (figures 6 et 7). Par ailleurs, un PRRS de plus grande capacité sera nécessaire pour gazéifier le digestat, ce qui représente aussi un coût en capital plus conséquent.

¹³ Le devoir (2013). Lutte contre les GES, les grands pollueurs doivent s'activer afin de ne pas rater le rendez-vous. [<http://www.ledevoir.com/economie/actualites-economiques/373416/les-grands-pollueurs-doivent-s-activer-afin-de-ne-pas-rater-le-rendez-vous>] [En ligne] (Consulté le 16 avril 2013).

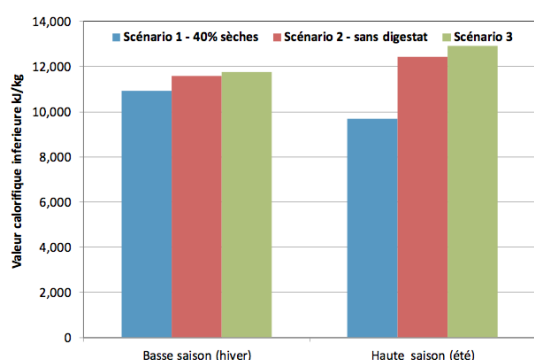


Figure 6 : Valeur calorifique des intrants selon les différents scénarios

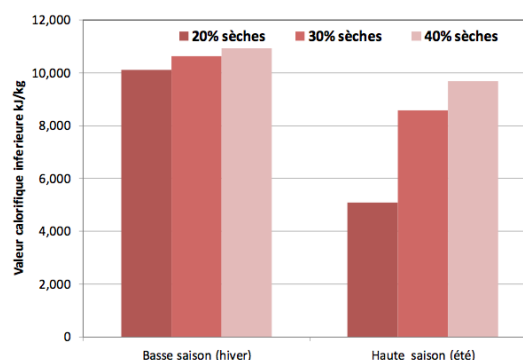


Figure 7 : Valeur calorifique des intrants du scénario 1 selon la siccité du digestat

Source : PyroGenesis 2011B – Composition estimée des matières résiduelles des Îles-de-la-Madeleine
 Note : La siccité du digestat est de ~20 % pour les technologies humides
 et de près de 40% pour les technologies sèches.

Si la gazéification du digestat est techniquement réalisable, sa réalisation dépendra des objectifs de l'utilisateur. Par exemple, si le traitement du digestat est une priorité, car onéreux ou techniquement trop exigeant, et que la production d'électricité ne l'est pas, cette alternative trouverait sa justification.

4.4.2 Valorisation conjointe du syngaz et du biogaz

Le biogaz est un gaz combustible qui peut être valorisé dans un moteur, tout comme le syngaz. L'utilisation conjointe du biogaz et du syngaz est donc intéressante puisqu'elle permet de réduire les coûts en capitaux liés aux équipements de valorisation.

La valorisation conjointe est techniquement réalisable sans coûts ajoutés (PyroGenesis, 2013). En effet, le moteur utilisé par le PRRS peut être modifié pour ajouter un second train d'alimentation permettant la valorisation de biogaz (figure 8).

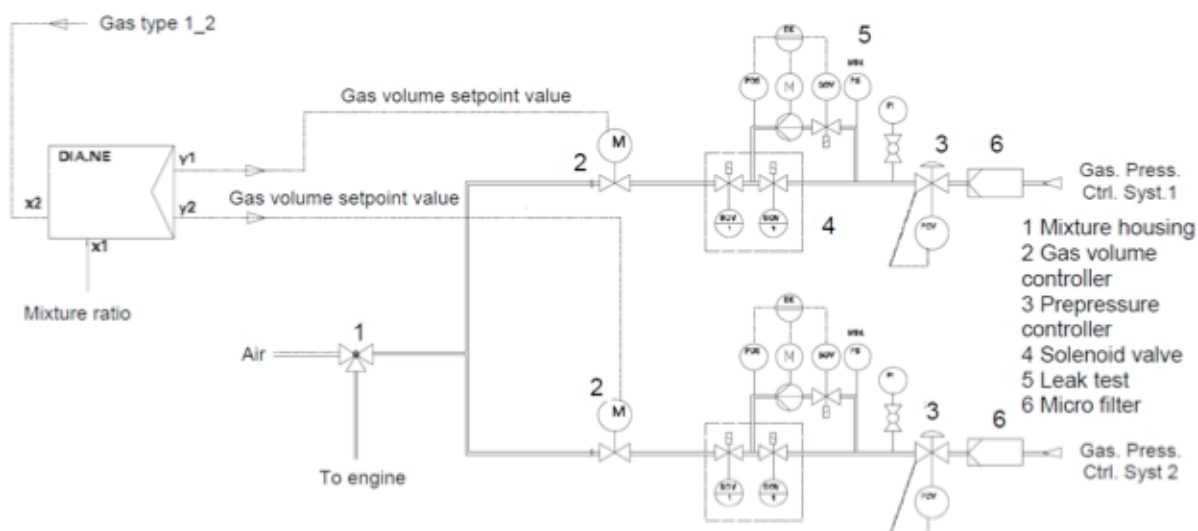


Figure 8 : Schéma de contrôle pour un moteur à gaz avec combustible d'appoint

Source : PyroGenesis, 2013

Ce couplage entraînera toutefois une interdépendance des procédés, chacun devant assurer une stabilité de production. En effet, une instabilité des systèmes couplés pourrait entraîner un arrêt du moteur, des dysfonctionnements des équipements de purification et un envoi à la torchère de tous les combustibles le temps que le système se stabilise de nouveau. Il s'agit ici d'un élément important devant faire l'objet d'une analyse des risques d'une éventuelle installation.

4.5 La valorisation du vitrifiat

La gazéification des matières résiduelles des ÎdM générerait environ 750 t/an de vitrifiat pour le scénario 3 et 1 150 t/an pour les scénarios 1 et 2 (voir tableau 4), et ce, en tenant compte d'un coefficient de disponibilité de 0,85 du système de traitement plasmique. L'équipe de l'Université de Sherbrooke a étudié le potentiel de valorisation de ce vitrifiat selon deux avenues : (i) comme substitut cimentaire (Tagnit-Hamou *et al.*, 2013A) et (ii) comme granulat pour le béton (Tagnit-Hamou *et al.*, 2013B).

Les vitrifiats étudiés provenaient, en partie, de l'usine pilote de PyroGenesis en Floride et, en partie, de l'usine expérimentale de Montréal. Dans ce dernier cas, ils étaient issus de la vitrification des cendres de l'incinérateur de Québec.

4.5.1 La valorisation cimentaire du vitrifiat

Lorsqu'il a une structure dite amorphe, c'est-à-dire ne présentant aucun réseau cristallin¹⁴, le vitrifiat peut présenter des propriétés pouzzolaniques, c'est-à-dire qu'il peut réagir avec la chaux générée par hydratation du ciment pour former des liants additionnels (C-S-H) dans le béton. Ses caractéristiques chimiques sont alors susceptibles d'en faire un substitut cimentaire adéquat ayant deux avantages principaux : (1) la réduction de la demande en ciment classique (Portland) et (2) l'amélioration de la microstructure et de la densité du béton.

Les travaux de l'équipe de l'Université de Sherbrooke ont été divisés en 3 principales étapes (Tagnit-Hamou *et al.*, 2013B) :

1. Caractérisation physico-chimique des vitrifiats

Cette étape avait pour objectif de vérifier si le vitrifiat issu du traitement plasmique de MR a les caractéristiques d'un ajout cimentaire. Les analyses chimiques et les tests de réactivité confirment le potentiel du produit.

2. Essai sur mortiers

Ces essais avaient pour objectif d'étudier le comportement du vitrifiat comme substitut cimentaire ainsi que de tester des mélanges, afin d'identifier des scénarios de valorisation prometteurs. Les résultats suggèrent qu'un taux de substitution de 20 % à 30 % du ciment classique par du vitrifiat pulvérisé permettrait d'obtenir des bétons ayant des performances égales ou supérieures aux bétons classiques.

3. Essais préliminaires sur des bétons

Les essais préliminaires avaient pour objectifs d'étudier le comportement et les performances, à l'état frais et à l'état durci, des bétons produits avec 20 % ou 30 % de taux de substitution du ciment par du vitrifiat. Les premiers résultats de performances à l'état durci confirment un bon potentiel du vitrifiat, notamment dans les tests de compression du béton et de perméabilité aux chlorures. Toutefois, ce substitut semble ne pas être compatible avec un certain nombre de superplastifiants, en raison d'un trop fort entrainement d'air.

Finalement, le taux de substitution idéal a été identifié comme étant de 20 %.

¹⁴ Le vitrifiat amorphe est obtenu à la suite d'une trempe brutale à sa sortie du procédé de gazéification.

4. Études des propriétés mécaniques et de durabilité

Ces essais avaient pour objectifs de définir les performances de béton produit avec un taux de substitution de 20 % dans le but d'en définir le potentiel d'usage (tableau 5).

Tableau 5 : Résultats des essais de performance du béton avec un taux de substitution cimentaire de 20 % de vitrifiat (Tagnit-Hamou *et al.*, 2013B)

Essais réalisés	Norme	Performance du béton de vitrifiat
Résistance en compression	ASTM C-39/C39M	Comparable au béton classique
Perméabilité aux chlorures	ASTM C1202-97	Meilleure que le béton classique
Résistance en traction	ASTM C496/C496M	Comparable au béton classique
Résistance en flexion	ASTM C78-02	Comparable au béton classique
Retrait de séchage	ASTM C157M-04	Comparable au béton classique
Résistance au cycle gel/dégel	ASTM C666/C666M-03	Supérieure au minimum requis
Résistance à l'écaillage	ASTM C672/C672M-03	Inférieure au béton classique
Carbonatation		Effet pouzzonaliqum confirmé
Réaction alcalis-silice	CSA A23.2-14A	<i>Aucune conclusion à ce jour</i>
Lixiviation	EAP 1311	Absence de risques confirmée

Les résultats démontrent que le vitrifiat a un fort potentiel de valorisation comme substitut cimentaire puisqu'il apporte des avantages au niveau de la durabilité des bétons. Par ailleurs, les performances de résistance sont généralement comparables aux bétons classiques. Seule la résistance à l'écaillage est inférieure, ceci pouvant être dû à une cinétique d'hydratation plus lente du vitrifiat qui nécessiterait un temps de maturation plus long du béton.

La valorisation du vitrifiat comme substitut cimentaire présente un intérêt additionnel pour l'industrie du béton, qui verrait réduire ses émissions de GES d'environ de **1 tonne de CO₂ par tonne de ciment substituée**. On souligne que l'industrie bétonnière génère environ 5 % des émissions anthropiques de GES à l'échelle planétaire (Tagnit-Hamou *et al.*, 2013B).

4.5.2 La valorisation du vitrifiat comme inclusion granulaire dans du béton

Lorsque le vitrifiat a une structure cristalline, c'est-à-dire qu'il a été refroidi lentement, ses caractéristiques physicochimiques le rendent apte à en faire un granulats. Ce dernier serait utilisé en substitution aux granulats classiques dans la composition du béton ou de la fondation de routes. Les essais ont été divisés en 2 principales étapes :

1. Caractérisation physicochimique des granulats et classification

Cette étape avait pour objectif de définir si le vitrifiat a les caractéristiques d'un granulats ainsi que de vérifier l'absence de contre-indications. Les analyses chimiques et les tests de réactivité confirment ce potentiel.

Par ailleurs, la classification vise à caractériser les granulats de vitrifiat selon les normes du Ministère des transports du Québec (MTQ) afin d'en déterminer le potentiel

d'utilisation. Les résultats des essais de Los Angeles (LC 21-400) et de Micro-Deval (LC 21-070) montrent que ce produit a une excellente résistance à l'abrasion et une très bonne résistance aux chocs. Les essais pour la classification (LC 21-100 et LC 21-265) indiquent que ces granulats se classent dans la **catégorie 1a** de la norme du MTQ, ce qui les rend admissibles aux bétons destinés à la construction de routes.

2. Étude des propriétés mécaniques et de durabilité des bétons

Cette étape avait pour objectif de déterminer les performances des bétons incluant des granulats de vitrifiat par rapport à des granulats classiques.

Les tests de performance sont les mêmes que pour la substitution cimentaire (résistances en compression, traction, flexion, aux cycles gel/dégel...), auxquels s'ajoutent diverses mesures propres à ce type de valorisation (résistance à l'abrasion, proportion de granulats vitrifiés...). Toutefois, en raison du court délai de temps pour la réalisation de ces tests, on ne dispose que de résultats préliminaires.

Ces derniers suggèrent qu'il n'y a pas de différences significatives entre les bétons de granulats de vitrifiat et de granulats naturels, laissant entendre un bon potentiel de valorisation comme granulat pour un béton de ciment.

Puisque les normes sur les granulats exigent des périodes d'essais définies (tests au 7, 28, 56 ou 91 jours), ces tests devront être prolongés au-delà de la fin du projet dont ce rapport final fait l'objet.

4.5.3 Conclusion

Les vitrifiats produits par le procédé de gazéification et de vitrification au plasma de PyroGenesis sont un sous-produit ayant un fort potentiel de valorisation dans le secteur de la construction, notamment de l'industrie du béton. Les résultats obtenus par l'équipe de l'Université de Sherbrooke démontrent en effet que ce matériau a des caractéristiques physicochimiques appropriées à la valorisation cimentaire lorsqu'il est amorphe et appropriées à la valorisation granulaire lorsqu'il est cristallin.

Les résultats obtenus suggèrent que des performances comparables à des bétons classiques peuvent être obtenues pour la valorisation cimentaire lorsqu'on applique un taux de substitution de 20 %.

En ce qui concerne la valorisation granulaire du vitrifiat, les résultats préliminaires sont très prometteurs. Toutefois, les tests en cours devront être complétés afin de répondre aux exigences normatives.

4.6 Retombées pour le territoire des Îles-de-la-Madeleine

La firme PyroGenesis a évalué qu'elles pourraient être les retombées découlant de la réalisation du projet d'acquisition et d'installation d'un procédé de gazéification et vitrification au plasma aux Îles-de-la-Madeleine.

Dans un premier temps, l'installation du procédé génèrerait une activité économique pour l'archipel autant dans les secteurs de la construction (bâtiment, électricité, matières premières, main d'œuvre...) que dans les secteurs économiques adjacents (hôtellerie, restauration...).

Par ailleurs et en phase d'exploitation, le procédé de gazéification génèrerait de l'emploi pour une dizaine d'opérateurs, mais participerait aussi à la consolidation du tissu économique des Îles-de-la-Madeleine en raison des retombées économiques indirectes auprès des sous-traitants pour la maintenance, l'achat d'équipement, le suivi opérationnel et environnemental...

4.7 Coûts d'opportunités associés à l'implantation d'un PRRS aux ÎdM

4.7.1 Coût d'un PRRS valorisant les MR ultimes et sèches

Le coût d'achat et d'installation, incluant l'ingénierie, le matériel, l'implantation et la gestion de projet pour un système de traitement plasmique PRRS est de 19,4 M\$ (PyroGenesis, 2013)¹⁵. Différents programmes de subventions pourraient participer à cet investissement (PyroGenesis - annexe I).

Les frais d'opération et d'entretien de ces équipements s'établiraient à 1,1 M\$ annuellement. Les revenus suivants peuvent être envisagés :

- 46 000 \$/an pour la vente de substitut cimentaire (vitrifiat);
- 26 000 \$/an pour la vente de crédit de carbone (sur une base de 10 \$/tonne CO₂ et un horizon de 20 ans);
- 148 000 \$/an pour la vente de chaleur à d'éventuels clients (à identifier);
- Possibilité de revenu pour la vente d'électricité dont le montant variera selon la production d'électricité excédentaire et son prix de rachat fixé avec Hydro-Québec.

¹⁵ L'investissement considère l'ajout d'un ORC (en option à 0,5 M\$) pour maximiser la production d'électricité (voir tableau 4).

Les coûts de traitement reliés à l'implantation d'un système de gazéification ont été comparés au système actuel (exportation et enfouissement) selon divers scénarios. La méthodologie utilisée est inspirée de celle établie en collaboration avec la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine (Durbecq *et al.*, 2013B). Les résultats sont présentés au tableau 6 pour les scénarios suivants, qui tiennent compte du taux d'inflation de 2012 (2,1 %) :

- Scénarios d'exportation des MR :
 - 1A : *Statu quo*
 - 1B : *Statu quo* + exportation des MR sèches
 - 2A : *Statu quo* avec augmentation du prix de 33 %¹⁶
 - 2B : *Statu quo* avec augmentation du prix de 33 % + exportation des MR sèches
- Scénarios de traitement local des MR par gazéification plasmatisque :
 - 3A : 50 % de subvention et prix de l'électricité de 150 \$/MWh
 - 3B : 50 % de subvention et prix de l'électricité de 200 \$/MWh
 - 3C : 50 % de subvention et prix de l'électricité de 250 \$/MWh
 - 4A : 80 % de subvention et prix de l'électricité de 150 \$/MWh
 - 4B : 80 % de subvention et prix de l'électricité de 200 \$/MWh
 - 4C : 80 % de subvention et prix de l'électricité de 250 \$/MWh

Tableau 6 : Scénarios de traitement évalués pour l'analyse d'opportunité économique selon le taux d'intérêt de l'emprunt.

		Scénarios d'exportation				Scénarios de gazéification plasmatisque					
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	3C	4A	4B	4C
Taux de subvention	%					50	50	50	80	80	80
Matières traitées	Déchets	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	MR sèches	-	x	-	x	x	x	x	x	x	x
Prix de l'exportation	\$/t	123	123	165	165	-	-	-	-	-	-
Valeur de l'électricité vendue	\$/MWh	-	-	-	-	150	200	250	150	200	250
Budget cumulatif sur 15 ans (hors taxes)											
Taux d'intérêt de 5 %	M\$	33,0	35,6	34,6	38,1	46,1	45,0	43,9	37,7	36,6	35,5
Taux d'intérêt de 4 %						45,1	44,1	43,0	37,3	36,2	35,2
Taux d'intérêt de 3 %						44,2	43,2	42,1	36,9	35,9	34,8
Taux d'intérêt de 2 %						43,4	42,3	41,2	36,6	35,5	34,5
Coût annuel moyen à la tonne											
Taux d'intérêt de 5 %	\$/t	512	431	537	461	558	546	533	456	444	431
Taux d'intérêt de 4 %						547	535	521	452	439	426
Taux d'intérêt de 3 %						536	523	510	448	435	422
Taux d'intérêt de 2 %						526	513	500	443	430	418

Note : Des graphiques comparant, sur la période d'étude, le budget annuel de chacun des scénarios (pour chaque taux d'intérêt) sont présentés à l'annexe 2.

¹⁶ Le facteur de 33 % d'augmentation du prix de l'exportation est basé sur les résultats de l'étude réalisée par M. Jean Hubert en 2007 concernant le futur du système de traitement des matières résiduelles des Îles-de-la-Madeleine. Ces travaux avaient démontrés que le prix moyen pour l'élimination des matières résiduelles dans les sites d'enfouissement du Québec et des maritimes était 33 % plus élevé que le prix négocié par la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine pour son contrat d'exportation.

Les résultats suggèrent que l'avantage économique d'un scénario de valorisation par gazéification et vitrification au plasma pour la Municipalité dépend de la fraction subventionnée du financement ainsi que du prix négocié avec Hydro-Québec pour l'électricité.

Comparativement au *statu quo* (scénario 1A), la gazéification sera toujours significativement plus onéreuse. En considérant l'exportation des MR sèches (scénario 1B), seul un scénario de gazéification est compétitif (4C). Dans le cas où les dépenses liées à l'exportation venaient à augmenter (scénarios 2A et 2B), l'option de la gazéification pourrait devenir compétitive en cas de financement par subvention à 80 %. Avec un taux de subvention de 50 %, la gazéification sera toujours plus onéreuse que tous les scénarios d'exportation des MR.

Il est à préciser que cette analyse n'a pas considéré de revenu de vente de chaleur, mais seulement la valorisation d'une partie de la chaleur pour le chauffage du CGMR, car aucune usine ne se trouve actuellement en proximité de ce dernier. Pourtant, une telle valorisation pourrait réduire le désavantage financier de la gazéification, par exemple dans l'éventualité du développement d'un réseau de chaleur dans un parc industriel autour du CGMR.

Dans tous les cas, le PRRS permettrait d'atteindre un taux de détournement des MR record de près de 90 %. Aucune augmentation des redevances gouvernementales qui valoriserait cette performance de détournement de l'enfouissement n'a été considérée.

4.7.2 Coûts d'un PRRS valorisant les MR ultimes, sèches et recyclables

Pour le scénario de valorisation des matières résiduelles ultimes et recyclables, le montant à investir pour l'achat et l'installation des équipements a été estimé par PyroGenesis de manière sommaire. Le coût d'achat et d'installation, incluant l'ingénierie, le matériel, l'implantation et la gestion de projet pour un système de traitement plasmique PRRS est de 20,6 M\$ (PyroGenesis, 2013). Les programmes de subventions pourraient participer à cet investissement (annexe I). L'évaluation économique est basée sur l'option énergétique # 2 (tableau 4). L'ajout d'un ORC ferait augmenter légèrement le coût total de l'investissement mais permettrait de générer des revenus d'électricité plus importants.

Les coûts d'opération et d'entretien de ces équipements sont estimés à 1,2 M\$ annuellement. Les revenus envisagés pour la vente de substitut cimentaire (vitrifiat) sont évalués à 78 000 \$ par an. Le procédé générerait de plus de l'électricité (210 kW) dont le revenu de vente variera selon le prix de rachat de l'électricité négocié avec Hydro-Québec.

Les coûts de traitement liés à l'implantation d'un système de gazéification valorisant les matières recyclables ont été comparés au système actuel (exportation et enfouissement) en

adaptant la méthodologie, les scénarios, les données et les résultats de l'analyse financière, réalisés en collaboration avec la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine (Durbecq et al., 2013B). Les résultats sont présentés au tableau 7. Ils tiennent compte du taux d'inflation moyen des trois dernières années (2,1 %).

Tableau 7 : Scénarios de traitement évalués pour l'analyse d'opportunité économique (incluant les recyclables) selon le taux d'intérêt

		Scénarios d'exportation				Scénarios de gazéification plasmatisque					
		1A	1B	2A	2B	3A	3B	3C	4A	4B	4C
Taux de subvention	%					50	50	50	80	80	80
Matières traitées	Déchets	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Recyclables	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	MR sèches	-	x	-	x	x	x	x	x	x	x
Prix de l'exportation	\$/t	123	123	165	165	-	-	-	-	-	-
Valeur de l'électricité vendue	\$/MWh	-	-	-	-	150	200	250	150	200	250
Budget cumulatif sur 15 ans (hors taxes)											
Taux d'intérêt de 5 %	M\$					54,7	53,1	51,5	45,7	44,1	42,5
Taux d'intérêt de 4 %		46,8	49,4	48,4	51,9	53,7	52,1	50,5	45,3	43,7	42,1
Taux d'intérêt de 3 %						52,7	51,1	49,5	44,9	43,3	41,7
Taux d'intérêt de 2 %						51,8	50,2	48,6	44,6	43,6	41,4
Coût annuel moyen à la tonne											
Taux d'intérêt de 5 %	\$/t					486	472	457	406	392	378
Taux d'intérêt de 4 %		495	439	512	461	477	463	449	403	389	374
Taux d'intérêt de 3 %						469	454	440	399	385	371
Taux d'intérêt de 2 %						460	446	432	396	382	368

Note : Des graphiques comparant, sur la période d'étude, le budget annuel de chacun des scénarios (pour chaque taux d'intérêt) sont présentés à l'annexe 3.

Comme précédemment, les résultats suggèrent que l'avantage économique d'un scénario de valorisation par gazéification et vitrification au plasma pour la Municipalité dépend de la fraction subventionnée du financement ainsi que du prix négocié avec Hydro-Québec pour la revente d'électricité.

Les résultats préliminaires suggèrent que l'implantation d'un procédé de valorisation des matières résiduelles ultimes, recyclables et sèches aurait un impact positif sur le budget annuel de gestion des matières résiduelles de la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine lorsque le taux de subvention de 80 % s'applique. Avec un taux d'intérêt de 5 % et un tarif de rachat de l'électricité de 250 \$/MWh, la gazéification permettrait de faire des économies de près de 4 M\$ sur 15 ans comparativement au *statu quo* (scénario 1), et de 7 M\$ comparativement avec le scénario d'exportation des MR sèches (scénario 2). Bien sûr, les économies pourraient être plus importantes avec des taux d'intérêt inférieurs.

Il est important d'ajouter que les dépenses associées à la collecte sélective des recyclables (224 000 \$/an) sont conservées dans le cadre de cette modélisation économique, tout comme la compensation gouvernementale qui y est attachée (210 000 \$/an).

Les mêmes considérations que dans le cas décrit à la section 4.6.1 s'appliquent au sujet de la disponibilité de chaleur.

Pour conclure, la gazéification des MR recyclables permet de réaliser des économies financières dans des conditions de subventions précises (80 %). La décision de valoriser les matières résiduelles recyclables est toutefois contraire au principe des 3RV bien qu'elle pourrait être justifiée par une analyse de cycle de vie. Une telle décision engendrerait tout de même un tournant important dans la gestion des MR des Îles-de-la-Madeleine.

4.8 Étude de la maturité du PRRS

L'acquisition et l'exploitation d'un procédé de valorisation des matières résiduelles représentent un engagement financier important pour une petite municipalité. C'est pourquoi il est nécessaire de s'assurer au préalable du niveau de développement de la technologie en question ainsi que de sa conformité avec les réglementations en vigueur. Ces deux points ont fait l'objet d'une analyse et sont synthétisés dans les sections suivantes (Durbecq *et al.*, 2013A).

4.8.1 Aspects technologiques

L'étude du fonctionnement et des performances du PRRS s'est basée sur (i) les rapports de production de l'usine pilote de PyroGenesis située dans la base militaire de Hurlburt Field, en Floride, couvrant la période entre le 15 janvier et le 14 octobre 2011, ainsi que sur (ii) les résultats obtenus durant des essais pilotes réalisés en août 2011. Cette usine représente une version améliorée de l'usine expérimentale que PyroGenesis possède dans ses installations à Montréal. Il est aussi à préciser que le système préconisé pour les Îles-de-la-Madeleine constituerait une version améliorée de l'usine pilote en Floride.

Les informations rassemblées semblent démontrer que le processus de gazéification se déroulant dans la fournaise et à la torche est globalement fonctionnel, produit un syngaz de qualité stable et n'est pas sujet à des dysfonctionnements importants.

Toutefois, ces informations suggèrent aussi que les unités de prétraitement (en amont) et d'épuration du syngaz (en aval) peuvent occasionner des arrêts de l'alimentation du système. Bien que ces arrêts puissent être dus à des blocages sans complexité technique, la principale

source d'arrêt semble être l'entraînement de particules qui finissent par colmater les équipements d'épuration et nécessitent une maintenance plus importante que prévu. Pour cette raison, PyroGenesis envisage de résoudre ce problème en ajoutant un capteur de particules (cyclone) entre la fournaise et la torchère dans l'éventuelle installation aux Îles-de-la-Madeleine.

Par ailleurs, l'ensemble des résultats de l'étude ne permet pas de démontrer la capacité du procédé à être électriquement autosuffisant, puisque le syngaz produit pendant la période d'analyse a été majoritairement brûlé à la torchère (figure 9). D'après les informations fournies par PyroGenesis, un trop faible approvisionnement en déchets pourrait être à l'origine de cette sous-utilisation observée du moteur qui ne fonctionnait pas dans sa plage de fonctionnement nominale.

La dépendance électrique du PRRS pourrait rendre le procédé vulnérable en cas de pannes de courant électrique.

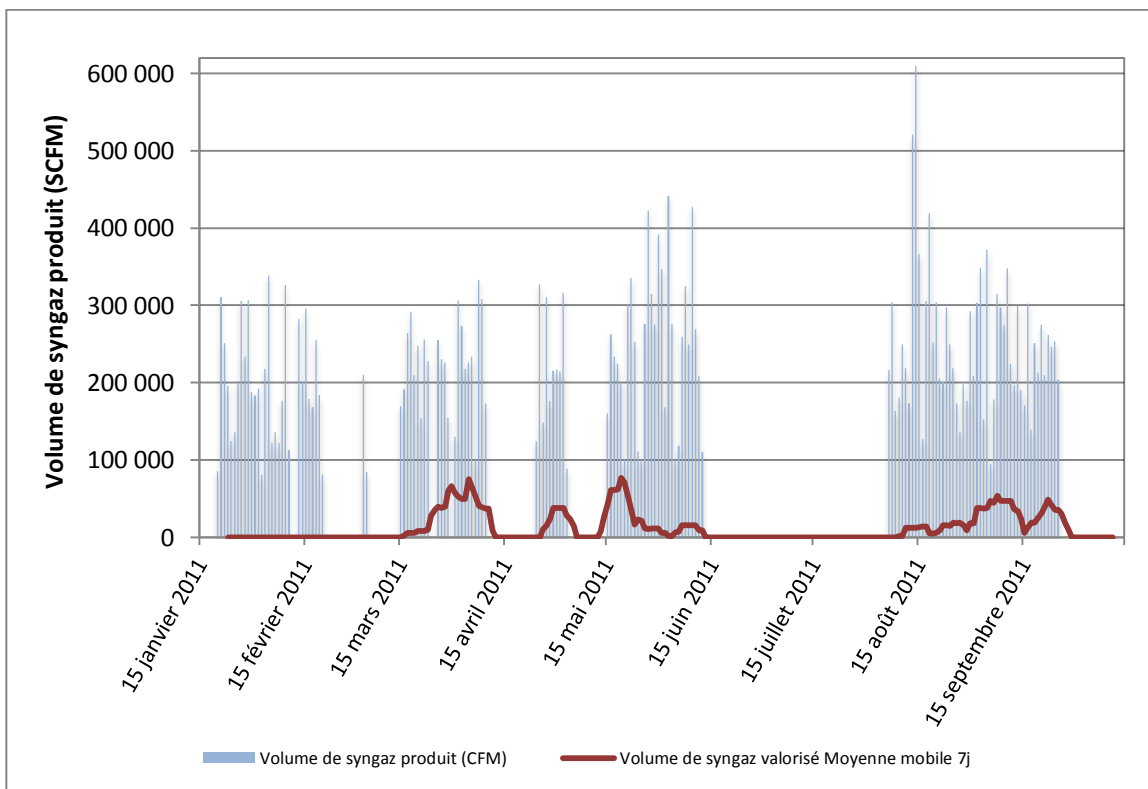


Figure 9 : Variations du volume de syngaz produit par le PRRS et moyenne mobile du volume de syngaz valorisé
 Note : les essais pilotes se sont déroulés les 24 et 25 août 2011

Le taux de disponibilité correspond à la proportion d'heures durant lesquelles le procédé est alimenté. PyroGenesis a pour cible une alimentation de son procédé durant 85 % du temps, le restant du temps étant dévolu à la maintenance. Toutefois, le taux de disponibilité constaté a été de 23 % sur l'ensemble de la période analysée et a varié entre 25 % et 70 % pendant les différentes périodes de fonctionnement (figure 10). Ce faible taux de disponibilité a été dû à : (i) un manque de déchets qui a causé une discontinuité de l'alimentation, (ii) des causes inhérentes au procédé (p. ex. défaillances du système d'alimentation et du système d'épuration du syngaz) et (iii) d'autres causes externes.

De plus, le nombre de jours de fonctionnement sur la période étudiée, indépendamment du nombre d'heures d'alimentation par jour, a été de 58 % au lieu de 85 %, la différence entre le temps de fonctionnement réel (58 %) et ciblé (85 %) étant due à des problèmes imprévus externes (p. ex. coupures d'électricité à la base militaire).

Ces conditions de fonctionnement pendant la période analysée ne permettent donc pas de bien évaluer la maturité technologique du PRRS.

Finalement, on observe aussi une tendance à l'augmentation du taux de disponibilité au fil des mois de la période analysée (figure 10), qui serait en partie expliquée par des améliorations apportées par PyroGenesis à son procédé.

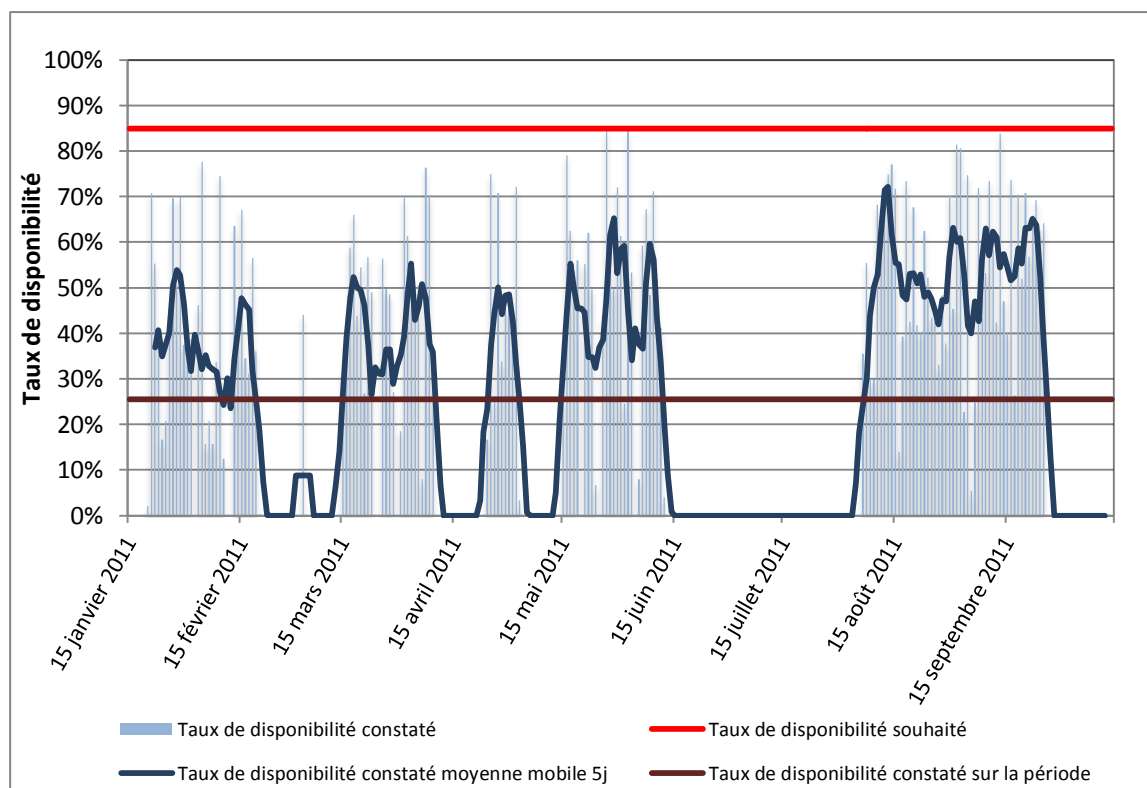


Figure 10 : Taux de disponibilité horaire entre le 15 janvier et le 14 octobre 2011

En conclusion, l'information disponible sur la performance de fonctionnement du PRRS de PyroGenesis en Floride peut difficilement être interprétée pour les raisons citées qui n'ont jamais permis une exploitation du procédé à sa capacité nominale.

Seul un ultérieur test pilote d'une durée relativement prolongée (2-3 mois) sur le procédé fonctionnant à son régime nominal pourrait prouver la maturité technologique du PRRS.

4.8.2 Aspects réglementaires

Règlementation applicable

Le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (L.R.Q., c. Q-2, a. 31, 53, 109.1, 124.0.1 et 124.1) définit les normes d'émissions pour l'incinération (Chapitre VII) et les moteurs fixes (Chapitre V). Ces deux chapitres pourraient s'appliquer à un procédé de gazéification de matières résiduelles valorisant son syngaz dans un moteur. Suite à la préparation et au dépôt d'un argumentaire produit par le CERMIM (Durbecq et Tita, 2012), il a été précisé par le MDDEFP que les deux chapitres s'appliquent conjointement, le critère le plus permissif étant celui appliqué en cas de double réglementation sur un paramètre.

Résultats d'analyses

Les mesures des émissions atmosphériques du PRRS de Floride devaient permettre de déterminer clairement si le procédé de PyroGenesis couplé à un moteur respecte la réglementation lorsqu'il fonctionne dans des conditions similaires à celles qu'il rencontrerait aux Îles-de-la-Madeleine. Pour réaliser cette validation, le CERMIM avait mandaté une firme spécialisée, Environmental Source Samplers (ESS) qui devait collecter et analyser les échantillons des émissions atmosphériques produites par l'unité de valorisation énergétique (moteur) du PRRS. Les problèmes techniques survenus n'ont pas permis d'atteindre cet objectif puisque le MDDEFP a jugé le résultat de ces mesures non représentatif pour une demande de certificat d'autorisation (Durbecq *et al.*, 2013A).

Toutefois, et en vertu des résultats disponibles, qu'elles soient produits par ESS ou transférés par PyroGenesis (tableau 8), il semble que les émissions atmosphériques à la torchère et au moteur respectent la réglementation pertinente, à l'exception du monoxyde de carbone (CO) qui dépasse la réglementation applicable à un moteur fixe d'une puissance nominale inférieure à 1 MW. Ce dépassement pourrait être dû au fait que les campagnes de tests n'ont jamais été réalisées dans des conditions optimales de fonctionnement (plein régime) et c'est pourquoi il est nécessaire de valider ultérieurement les émissions de CO lors d'un test pilote ultérieur.

Tableau 8 : Récapitulatif des résultats d'échantillonnage sur le PRRS

Sous-traitant	Point d'échantillonnage	Particules	HCl	SO ₂	PCDD-F	Mercure	CO	NOx	
		mg/dscm @11% O ₂						g/MJ	
ESS ¹⁷	Moteur	8,16	0,19	7,13	-	0,00045	-	0,92	0,2
CSA ¹⁸	Moteur	-	-	-	-	-	-	1,26	0,13
BodyCote ¹⁹	Torchère	3,50	0,33	18	-	0,001	36	-	-
<i>Règlement (moteur)^(a)</i>		<i>20</i>	<i>50</i>	<i>150</i>	<i>0,08</i>	<i>0,02</i>	-	<i>0,65^(c)</i>	<i>2,2^(c)</i>
<i>Règlement (torchère)^(b)</i>		<i>20</i>	<i>50</i>	<i>150</i>	<i>0,08</i>	<i>0,02</i>	<i>57</i>	-	-

Adapté des résultats des campagnes d'échantillonnage réalisées pour le CERMIM ou fournies par PyroGenesis.

(a) Chapitre V et Chapitre VII (b) Chapitre VII (c). Pour une puissance inférieure à 1 MW

Finalement, les émissions de dioxines et furannes (PCDD-F) n'ont jamais été mesurées sur un PRRS couplé à un moteur. Cependant, des éléments théoriques basés sur des études scientifiques et sur les spécifications des équipements du PRRS amènent les auteurs à croire que les émissions de dioxines et furannes d'un procédé de gazéification et vitrification au plasma n'excèderaient pas la réglementation en vigueur au Québec (Durbecq *et al.*, 2013A).

¹⁷ ESS : Environmental Source Samplers. Firma mandatée par le CERMIM en aout 2011.

¹⁸ CSA : Custom Stack Analysis. Firma mandatée par PyroGenesis en mai 2011.

¹⁹ BodyCote. Firma mandatée par PyroGenesis en novembre 2003.

D'ailleurs, les émissions de dioxines et furannes du procédé plasmatique PAWDS de PyroGenesis sont inférieures à la limite de la réglementation applicable, et ce, alors que ce procédé utilise le même équipement que le PRRS pour éviter la formation de PCDD et de PCDF (*quench*).

5. CONCLUSION

Ce projet a eu pour objectif d'étudier la faisabilité de coupler deux technologies de valorisation des matières résiduelles afin d'atteindre un taux de valorisation record aux Îles-de-la-Madeleine. De plus, il visait à évaluer la faisabilité de valoriser les vitrifiats produits par le procédé de gazéification et vitrification en forme de substituts cimentaires ou de granulats pour la construction.

Après une étude de contexte (Thibodeau *et al.*, 2011), une caractérisation des matières résiduelles (Roche, 2011 A et B; Durbecq *et al.*, 2012) et une étude des tendances futures de la production des matières résiduelles (Durbecq *et al.*, 2012), le cadre global de la gestion des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine est maintenant très bien connu. Les connaissances générées constituent une aide importante à la prise de décision éclairée pour la Municipalité des Îles-de-la-Madeleine.

Une étude technico-économique a permis d'évaluer la viabilité et les options du traitement des MR par un couplage de la biométhanisation et la gazéification et vitrification au plasma. Les résultats de cette étude suggèrent qu'un couplage des combustibles (biogaz et syngaz) est possible et que la gazéification du digestat (résidu de la biométhanisation) est techniquement faisable, mais avec un effet négatif sur le potentiel de production électrique. De plus, les résultats suggèrent qu'un traitement plasmatique des déchets et des recyclables permettrait de générer des économies importantes sur un horizon de 15 ans, mais qu'un traitement des déchets uniquement (sans les matières recyclables) aurait un coût pour la Municipalité.

Les travaux ont aussi permis d'évaluer la puissance nominale de la production électrique des matières résiduelles des Îles-de-la-Madeleine, qui serait d'environ 50 kW pour la biométhanisation et de près de 250 kW pour la gazéification. Cette production d'énergie verte permettrait de générer des crédits de carbone puisqu'elle diminuerait la production de la centrale thermique d'Hydro-Québec.

De plus, ce projet a aussi permis d'identifier, analyser et évaluer deux filières de valorisation du vitrifiat issu du traitement plasmatique développé par PyroGenesis sous forme de substitution cimentaire et de substitution granulaire dans le béton. Les résultats confirment un bon potentiel de ce produit, ce qui permet d'en faire un coproduit à valeur ajoutée.

Finalement, les travaux réalisés dans le cadre de ce projet permettent de statuer sur la réglementation applicable aux émissions atmosphériques d'un PRRS au Québec. L'évaluation de la performance et de la maturité technologique du procédé n'a toutefois pas pu être

complétée avec les données disponibles. Seul un test pilote d'une durée relativement prolongée (2-3 mois) sur un procédé fonctionnant à son régime nominal permettrait de démontrer cette maturité technologique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amarante J. (2010). *Biométhanisation des déchets putrescibles municipaux – Technologies disponibles et enjeux pour le Québec*. Université de Sherbrooke, Sherbrooke (Québec). viii, 74 p. + annexes
- Cabana H. et Lopez D. (2013). *Gestion intégrée des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine. Analyse technico-économique préliminaire visant l'implantation d'un système de biométhanisation aux Îles-de-la-Madeleine*. Université de Sherbrooke (Québec). 52 p. + annexes.
- Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes (CERMIM) (2010). *Gestion intégrée des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine, Plan d'action 2010-2014*. Îles-de-la-Madeleine, 18 p.
- Durbecq T., Thibodeau M., Hubert J. et Tita G. (2012). *Gestion des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine : profil quantitatif et caractéristique*. Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes, Îles-de-la-Madeleine, xiii, 68 p. + annexes.
- Durbecq T. et Tita G. (2012). *Argumentaire pour la continuité du projet sur la gestion des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine*. Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes, Îles-de-la-Madeleine, 9 p. + annexes.
- Durbecq T., Tagnit-Hamou A. et Tita G. (2013A). *Évaluation du fonctionnement du procédé PRRS développé par PyroGenesis Canada*, Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes, Îles-de-la-Madeleine, 51 p.
- Durbecq T., Hubert J. et Hubert D. (2013B). *Gestion des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine : Portrait économique*. Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes, Îles-de-la-Madeleine, v, 32 p. + annexes.
- Electrigaz (2012). *Évaluation préliminaire de deux scénarios de digestion anaérobie (sèche et humide)*. v, 31 p. + annexes.
- Environmental Source Samplers (2011). *Plasma gasification waste to energy facility – Air emissions test report*, iii, 13 p. + annexes.
- Hubert J. (2007). *À l'heure des choix de traitement de NOS matières résiduelles*. Rapport d'étude, Analyse et recommandations, Municipalité des Îles-de-la-Madeleine, Îles-de-la-Madeleine, 50 p. + annexes.
- MAPAQ (2012). *Guide de recyclage des matières résiduelles fertilisantes*. Gouvernement du Québec, x, 101 p. + annexes.
- MDDEFP (2012). *Lignes directrices pour l'encadrement des activités de compostages*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 52 p. + annexes.
- MDDEFP (2013). *Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage (phase 2) 2012-2019*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.
- Moletta R. (2008). *La méthanisation*. Editions TEC&DOC Lavoisier, 525 p. + annexes

- PyroGenesis Canada (2011A). *TPWES- Technical report (TR-2011-151)*, 64 p. + annexes.
- PyroGenesis Canada (2011B). *Composition estimée des matières résiduelles des Îles-de-la-Madeleine (TR-2011-129)*, 15 p.
- PyroGenesis Canada (2011C). *Procédure pour tests d'émissions (TM-2011-160)*, 4 p.
- PyroGenesis Canada (2011D). *Rapport sur les tests d'émissions du 24, 25 et 26 aout 2011 (TR-2011-130)*, 16 p.
- PyroGenesis Canada (2012A). *Les résultats des simulations PRRS pour différents scénarios d'alimentation (TR-2012-216)*, 19 p. + annexes.
- PyroGenesis Canada. (2012B) *Émissions de dioxines et furannes du PRRS (TR-2012-224)*, 7 p.
- PyroGenesis Canada. (2013) *Rapport final (TR-2012-225)*, 88 p. + annexes.
- Annexe A : Détail de l'équipement PRR*
 - Annexe B : Horaire du projet*
 - Annexe C : Diagramme d'écoulements (Process flow diagram)*
 - Annexe D : Réductions des émissions de CO₂*
 - Annexe E : Scénarios de gestion des matières résiduelles*
 - Annexe F : Valorisation du vitrifiat*
 - Annexe G : Plan d'installation*
 - Annexe H : Rapport sur les émissions de dioxines et furannes du PRRS*
 - Annexe I : Crédits d'impôts pour entreprise privée exploitant le PRRS*
- Roche (2011A). *Étude de la caractérisation des matières résiduelles des Îles-de-la-Madeleine – Avril 2011*. Roche (Québec). 18 p. + annexes.
- Roche (2011B). *Étude de la caractérisation des matières résiduelles des Îles-de-la-Madeleine – Décembre 2011*. Roche (Québec). 17 p. + annexes.
- Tagnit-Hamou A. et Harbec D. (2013A). *Gestion intégrée des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine : Valorisation du vitrifiat amorphe provenant de la gazéification par plasma des déchets non-biodégradables dans les matériaux cimentaires*. Université de Sherbrooke (Québec). 47 pages.
- Tagnit-Hamou A., Harbec D., Yahia A. et Muraz L. (2013B). *Gestion intégrée des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine : Valorisation du vitrifiat cristallin provenant de la gazéification par plasma des déchets non-biodégradables dans les matériaux cimentaires*. Université de Sherbrooke (Québec). 31 p. + annexes.
- Thibodeau M., DURBECQ T., Tita G. et Hubert J. (2011). *Gestion des matières résiduelles aux Îles-de-la-Madeleine : État de la situation et perspectives de développement*. Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes, Îles-de-la-Madeleine, viii, 79 p. + annexes.
- Thibodeau M., Potiez L. et Harnad J. (2013). *Inventaire 2010 des émissions de GES du Centre de gestion des matières résiduelles de Havre-aux-Maisons*. Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes, Îles-de-la-Madeleine, vi, 42 p. + annexes.

ANNEXES

Annexe 1 : Coût d'opportunité de la biométhanisation des MR putrescibles

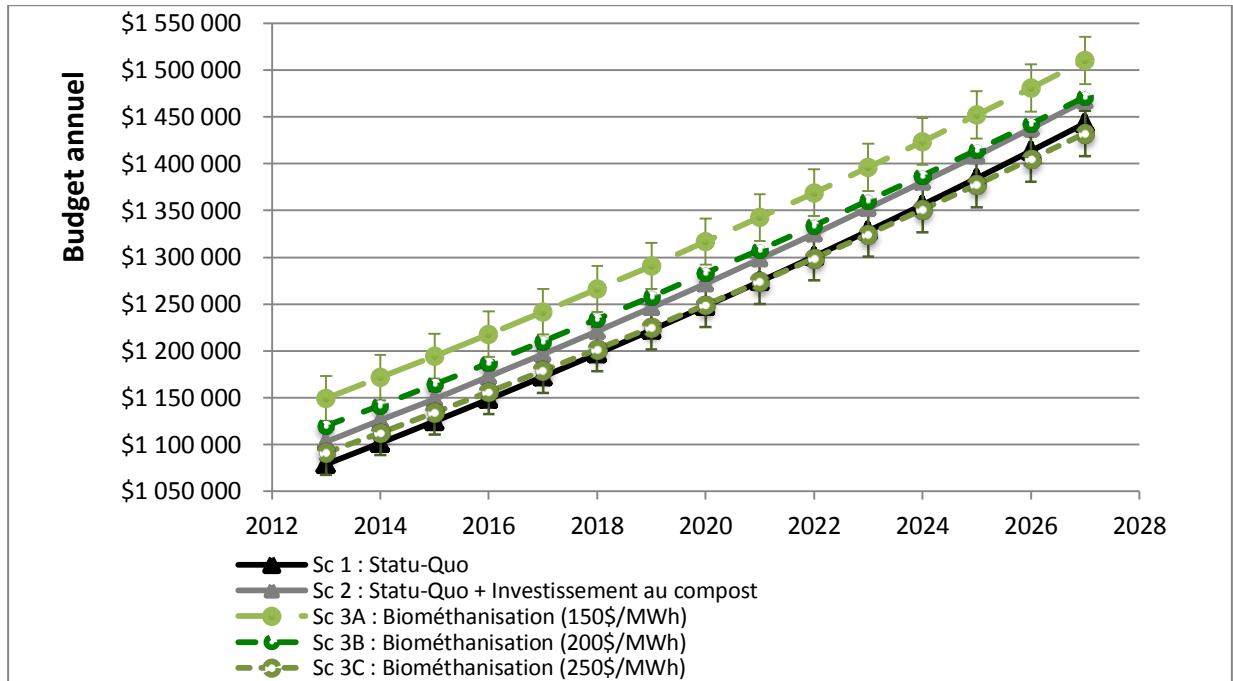


Figure 1-1 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des MR putrescibles avec un taux d'intérêt de 5 % et d'un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

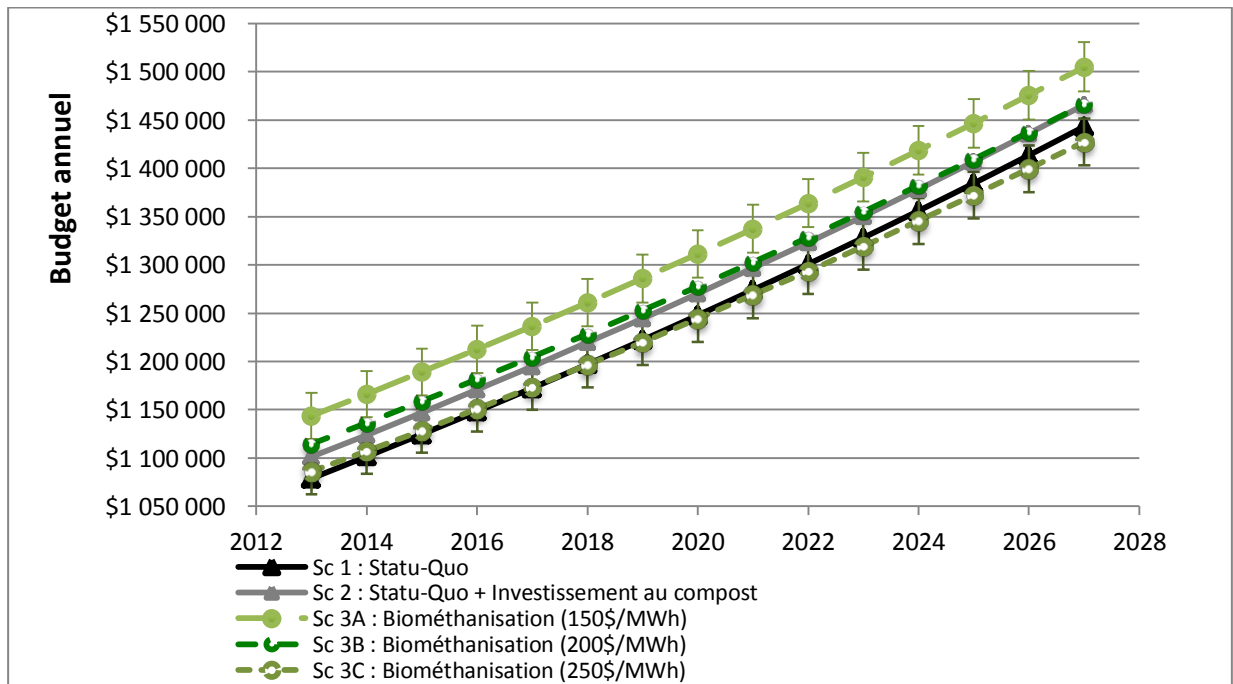


Figure 1-2 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des MR putrescibles avec un taux d'intérêt de l'emprunt de 4 % et d'un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

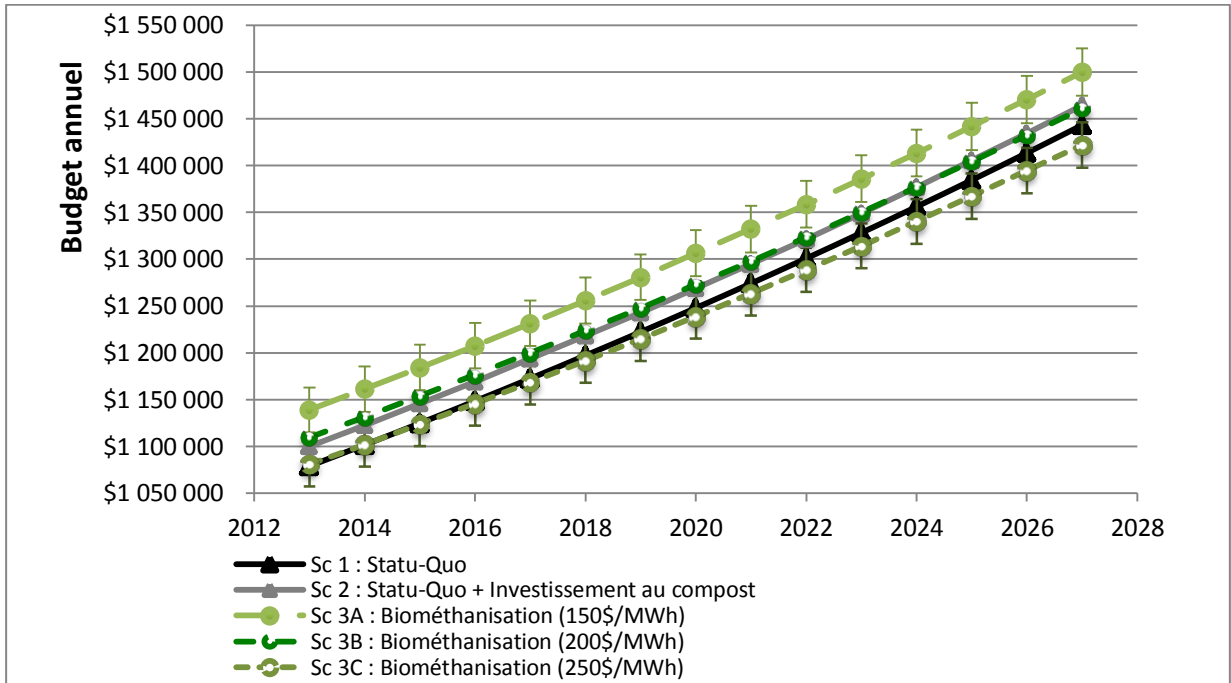


Figure 1-3 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des MR putrescibles avec un taux d'intérêt de 3 % et d'un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

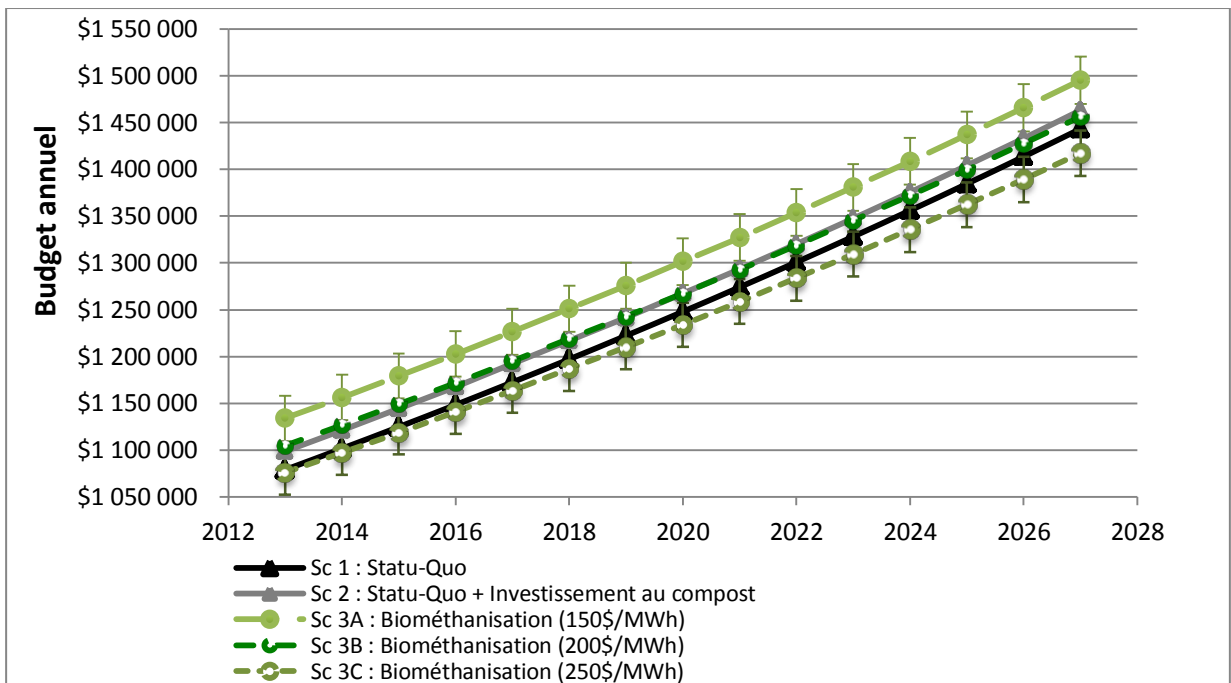


Figure 1-4 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des MR putrescibles avec un taux d'intérêt de 2 % et d'un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

Annexe 2 : Coût d'opportunité de la gazéification des MR ultimes et sèches

Les modélisations se basent sur l'option énergétique 3 (voir tableau 4).

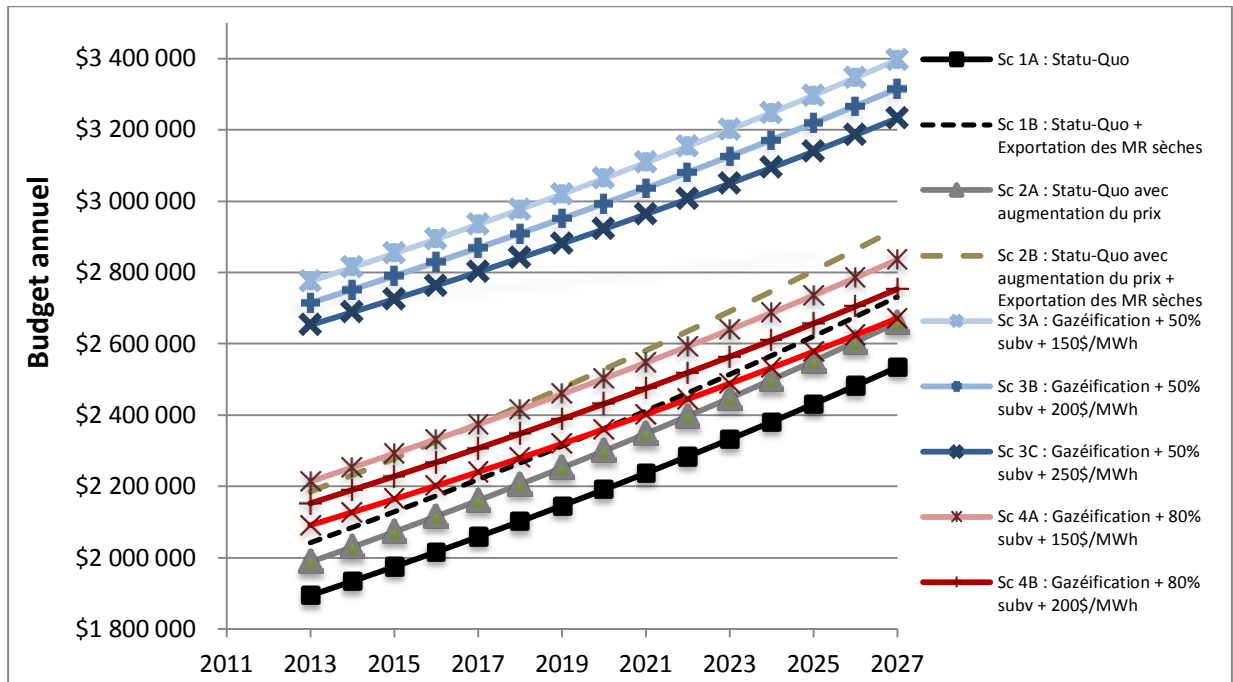


Figure 2-1 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des déchets avec un taux d'intérêt de 5 % et un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

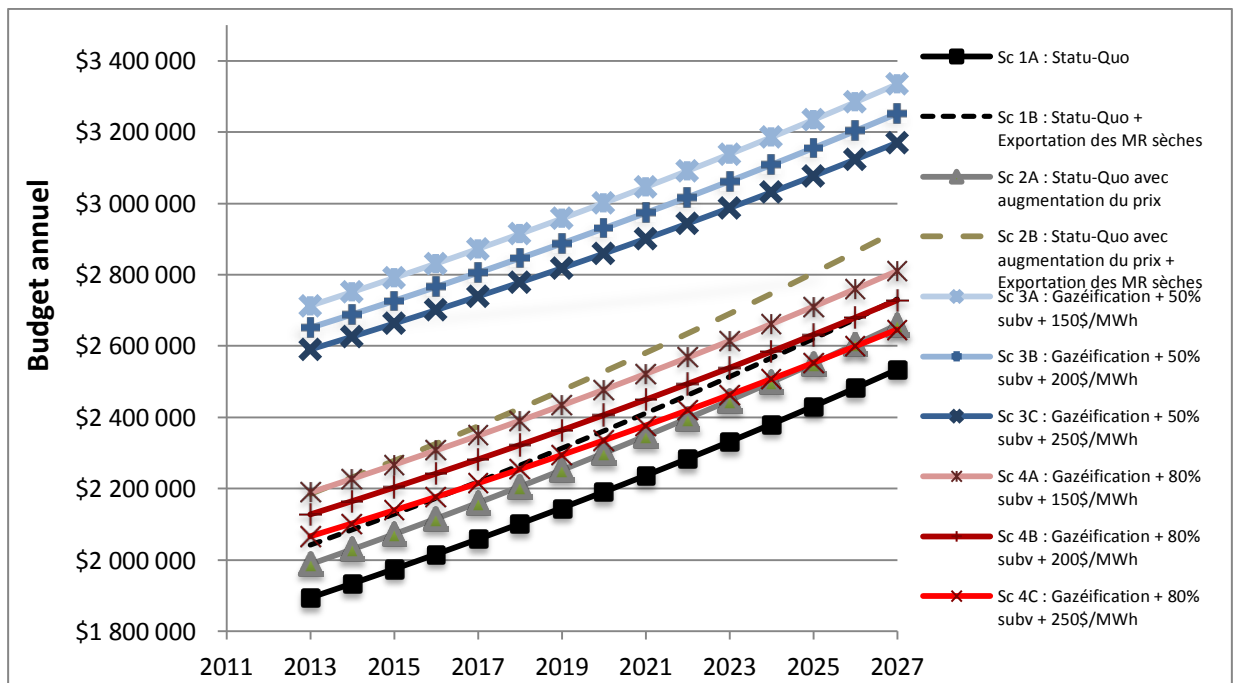


Figure 2-2 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des déchets avec un taux d'intérêt de 4 % et un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

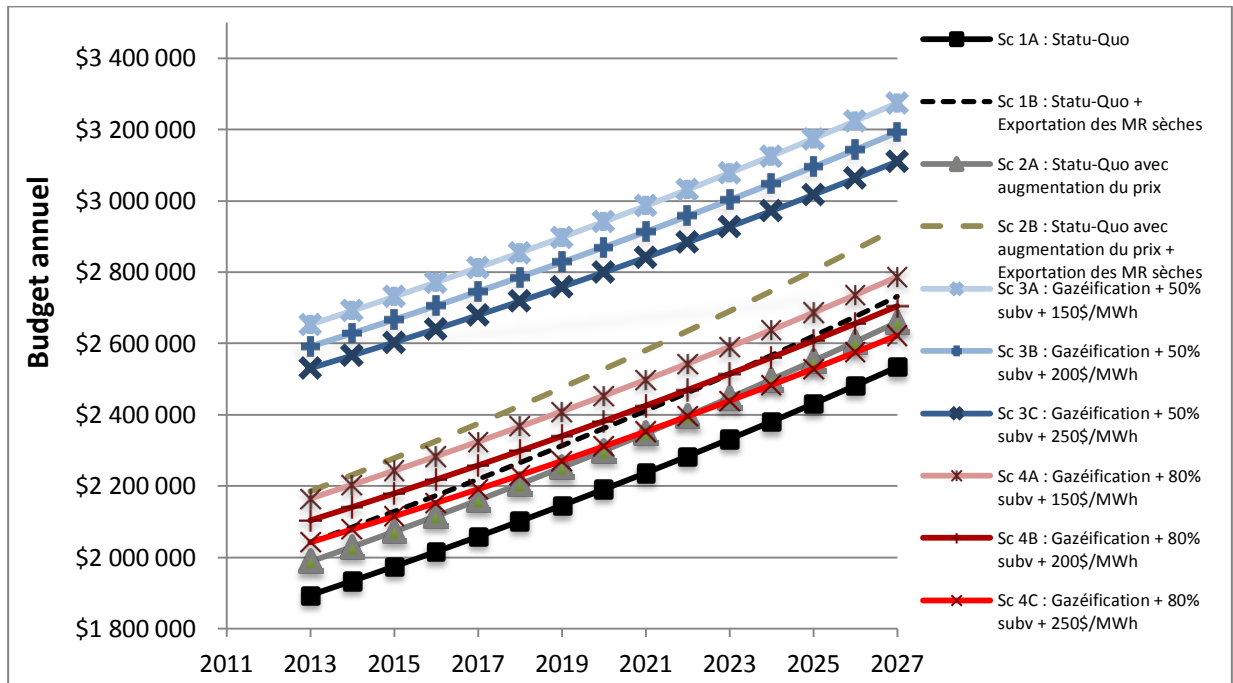


Figure 2-3 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des déchets avec un taux d'intérêt de 3 % et un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

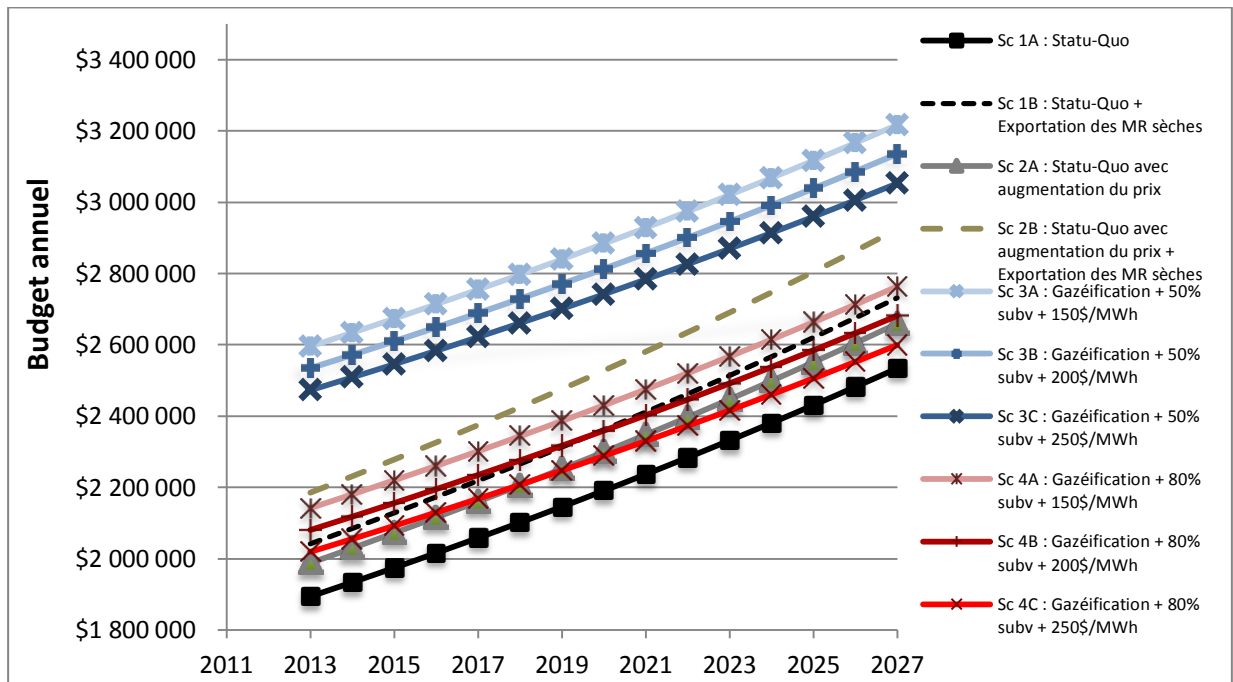


Figure 2-4 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des déchets avec un taux d'intérêt de 2 % et un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

Annexe 3 : Coût d'opportunité de la gazéification des MR ultimes, sèches et recyclables

Les modélisations se basent sur l'option énergétique 3 (voir tableau 4).

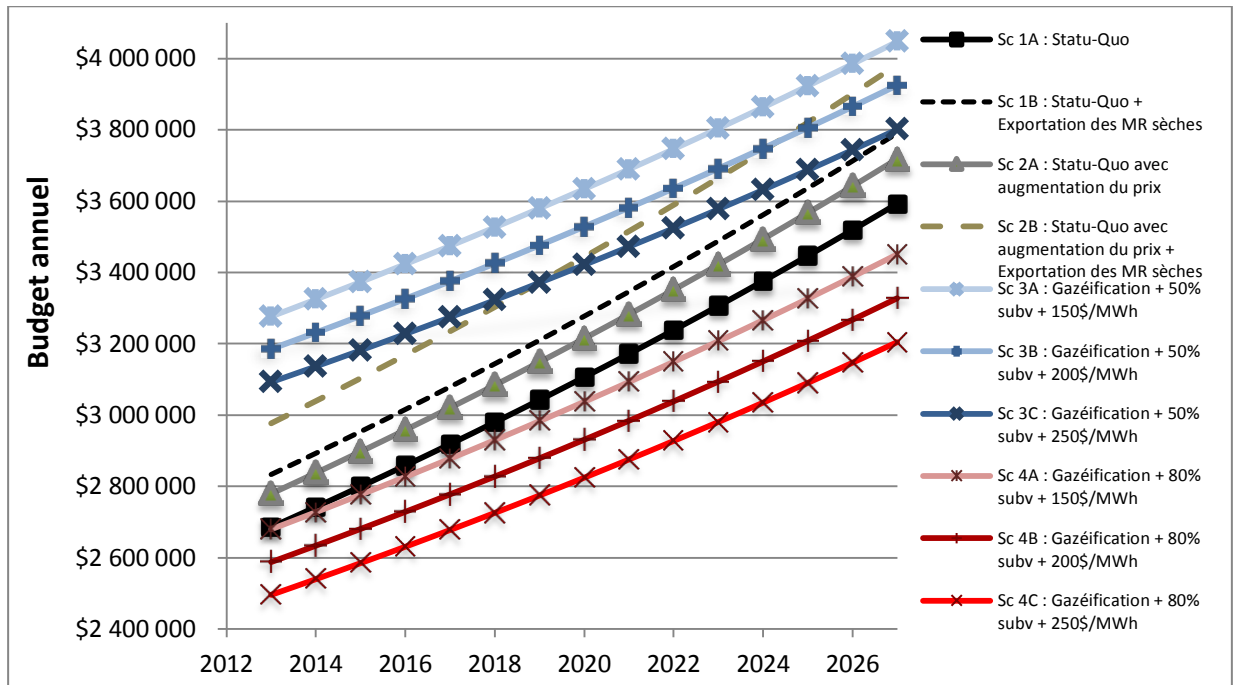


Figure 3-1 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des déchets et recyclables avec un taux d'intérêt de 5 % et un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

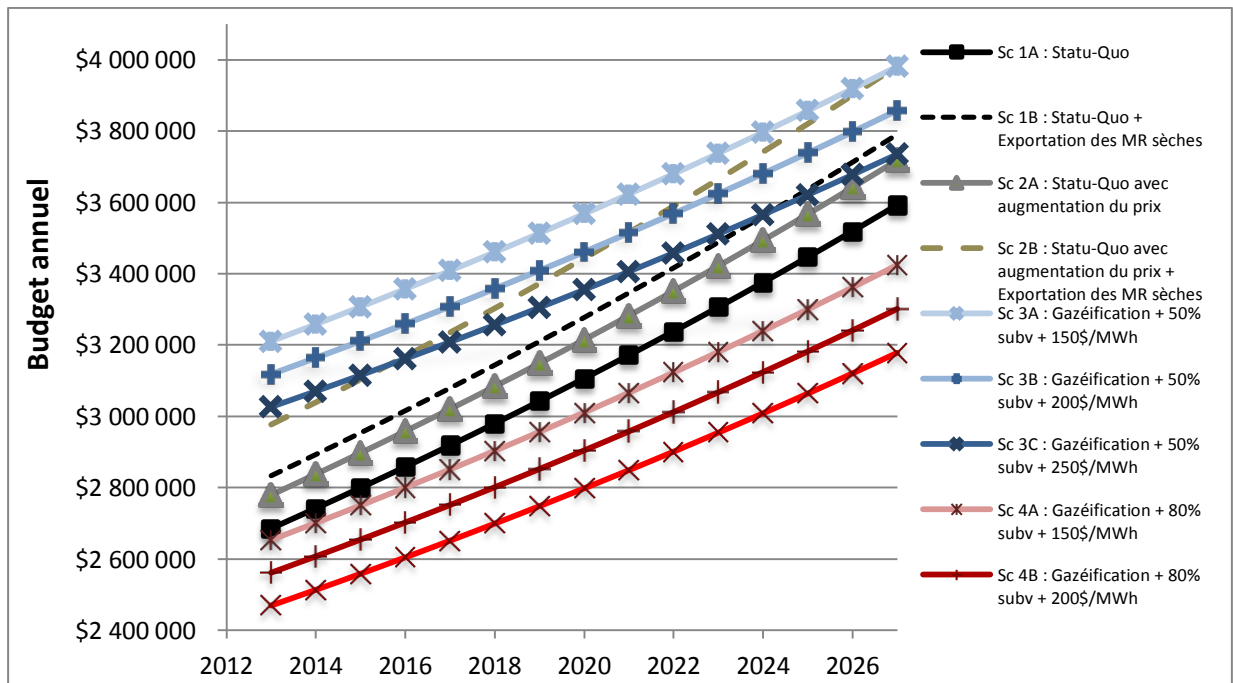


Figure 3-2 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des déchets et recyclables avec un taux d'intérêt de 4 % et un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

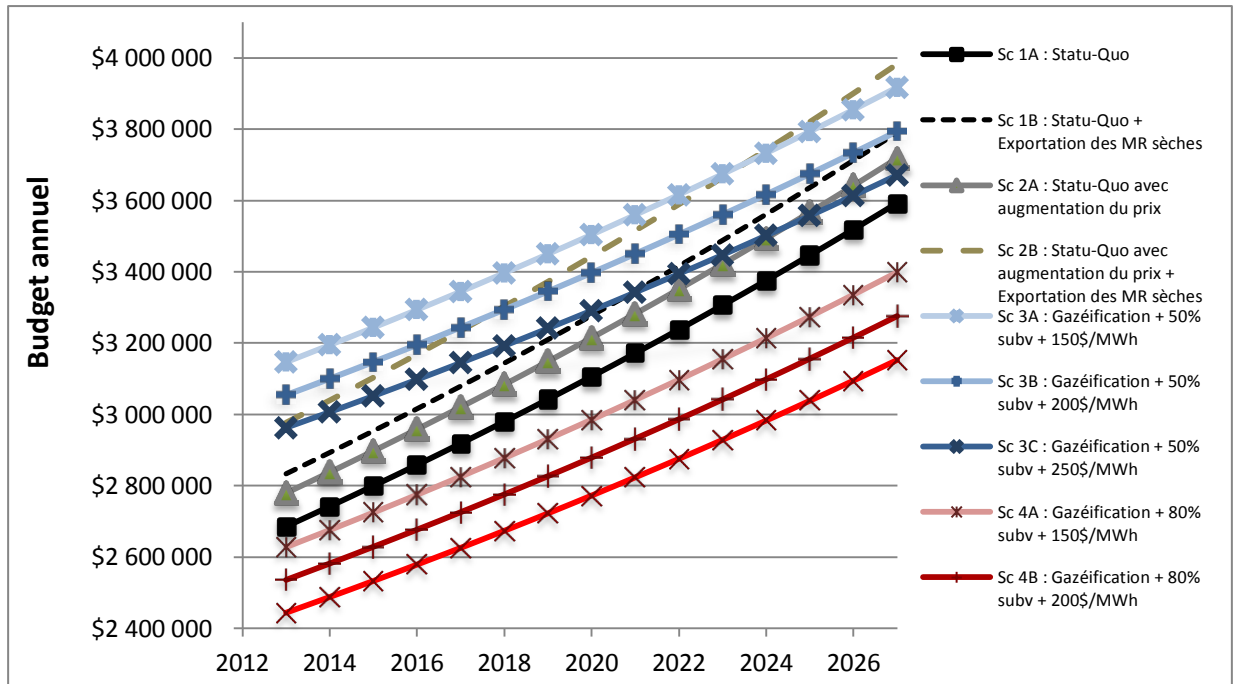


Figure 3-3 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des déchets et recyclables avec un taux d'intérêt de 3 % et un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

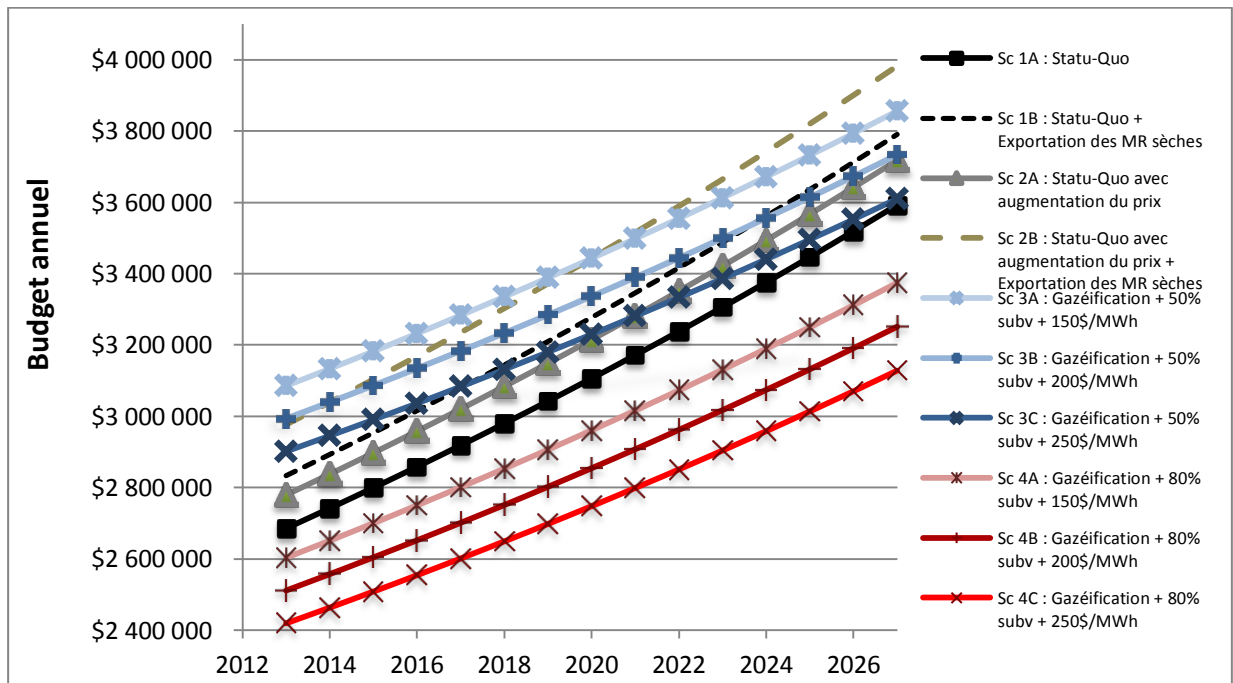


Figure 3-4 : Budget annuel des différents scénarios de traitement des déchets et recyclables avec un taux d'intérêt de 2 % et un taux d'inflation de 2,1 % sur les charges et revenus d'opération

Les maires en visite au Japon - « Les Japonais ont vu dans leurs sacs d'ordures une source d'énergie »

Québec doit procéder ici « de la même façon qu'il l'a fait dans le dossier du traitement des eaux usées »

4 octobre 2008 | Pierre Vallée | Actualités en société

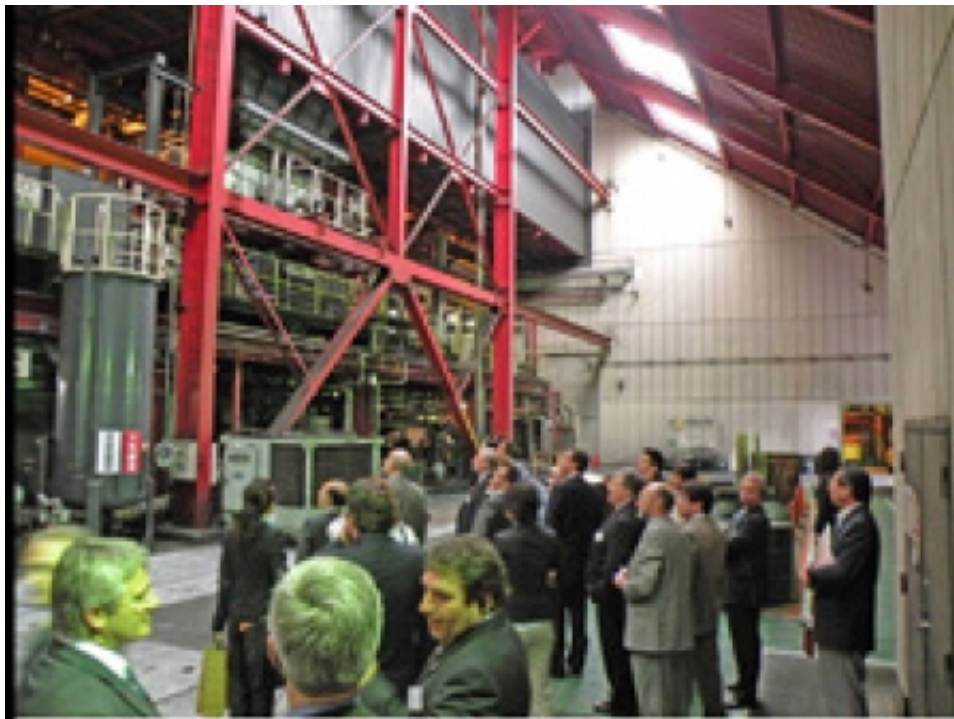


Photo:

Une mission de maires du Québec s'est rendue en visite à l'usine Thermoselect de Chiba, au Japon, en juin dernier, pour explorer les solutions technologiques de traitement des matières résiduelles.

Au Québec, les matières résiduelles, sauf celles qui sont recyclées, prennent généralement le chemin du site d'enfouissement. Au Japon, c'est le contraire. Il y a peu d'enfouissement et les déchets sont une source d'énergie. Un groupe d'élus de la grande région montréalaise s'est rendu sur place pour le constater. Compte rendu.

«Jamais je ne pensais utiliser les mots "belles choses" pour parler de déchets, lance d'entrée de jeu Suzanne Roy, mairesse de Sainte-Julie. Mais il est surprenant de découvrir à quel point il est possible de traiter les déchets sans nuisances et sans odeurs.» Le tout dans des usines de traitement d'une propreté impeccable.

«On nous avait dit qu'il était possible de visiter ces usines en chaussettes, tant elles sont propres, et c'est vrai, souligne Gilles Vaillancourt, maire de Laval. J'aimerais que nos écoles soient aussi propres

que ces usines.» En effet, une attention toute particulière est accordée à la propreté de ces installations.

«Au Japon, raconte Michel Desjardins, conseiller municipal de Longueuil, les bennes à ordures sont entièrement fermées. Les aires de déchargement sont à air inversé, de sorte que les odeurs ne peuvent pas s'échapper à l'extérieur. De plus, les camions sont entièrement lavés et désinfectés avant de ressortir.»

Cette façon de procéder permet d'installer ces usines de traitement des déchets près des zones résidentielles. «Il y avait au départ une crainte légitime de la population, que les autorités ont su surmonter, souligne Michel Gilbert, maire de Mont-Saint-Hilaire. Mais aujourd'hui, ces usines sont intégrées à la communauté. Par exemple, une usine que nous avons visitée avait mis en place un centre aquatique, avec piscines et terrasses, accessible à la population locale.» Et Gilles Vaillancourt de rajouter: «Lorsqu'on s'approche de l'usine, rien ne nous indique qu'il s'agit d'une usine de traitement des déchets. On dirait un bâtiment public, comme une bibliothèque municipale.» Impression que partage Suzanne Roy. «Ils ont même prévu des endroits pour recevoir les écoliers avec des jeux et des guides d'activités pour les enfants.»

Ici au Québec

Cette façon de traiter les déchets est-elle applicable au Québec? Si tous s'entendent pour dire que c'est applicable sur le plan technologique, il n'en demeure pas moins qu'il s'agit là d'une solution bien nipponne. «On a ici un exemple parfait du fait que les choix sont influencés par l'environnement, explique Jean-Marc Robitaille, maire de Terrebonne. Le Japon occupe un territoire limité et il n'y a pas d'espace pour des sites d'enfouissement.» C'est cette pénurie de sites d'enfouissement qui a forcé le Japon à mettre en place, à la fin des années 80, une autre démarche concernant le traitement des matières résiduelles. «Les Japonais ont vu dans leurs sacs d'ordures une source d'énergie.»

«Les Japonais ont choisi la voie de la valorisation, poursuit Gilles Vaillancourt. Ils en sont aujourd'hui à la deuxième génération de technologies. Mais peu importe la technologie, elle consiste en la gazéification des déchets par thermie.» Les gaz ainsi produits sont une source d'énergie en tant que telle, mais ils peuvent aussi servir à produire de l'électricité que l'on peut revendre.

Pareille solution est-elle envisageable au Québec? «Il faut d'abord continuer à travailler sur la récupération et le recyclage afin de réduire le sac vert», pense Jean-Marc Robitaille. Même son de cloche chez Michel Prescott, conseiller municipal de Montréal. «Il ne faudrait pas que l'application de ces technologies nous rende paresseux quant au recyclage et à la récupération. Ces technologies conviennent surtout aux résidus ultimes, c'est-à-dire ce qui reste après les 3R.»

Selon Michel Desjardins, il ne faudrait pas oublier les vertus du compostage. «Il faut mieux développer le compostage mécanique. Je rêve du jour où on aura tous un bac vert dans lequel on pourra déposer le gazon, les feuilles, les branches et autres matières compostables.» Comme le compostage mécanique, ou à aire fermée, récupère le méthane produit par le compostage, il a donc moins d'effets nocifs sur l'environnement que le compostage à aire ouverte. «De plus, le compost produit pourrait ensuite servir à alimenter une usine de gazéification.»

Nécessaire plan

Comme on peut le voir, les solutions ne manquent pas et elles sont à portée de la main, mais pas nécessairement à portée du portefeuille. «Il faut tenir compte des coûts, explique Jean-Marc Robitaille. Les technologies utilisées au Japon coûteraient environ 200 \$ la tonne, tandis que l'enfouissement ne coûte que 75 \$ la tonne. Comment refilet cette facture aux contribuables?»

Lentement, croit-il. «La transition doit se faire graduellement, mais elle est impossible s'il n'y a pas de plan d'ensemble. Et celui-ci doit venir de Québec. Il doit y avoir une politique claire quant aux objectifs de réduction ou d'élimination de l'enfouissement.» Tous s'entendent pour dire que, sans ce plan, il sera difficile d'aller de l'avant.

«Il nous faut le soutien financier du gouvernement, avance Suzanne Roy, si l'on veut passer à cette technologie.» Selon Michel Gilbert, le gouvernement du Québec doit procéder ici «de la même façon qu'il l'a fait dans le dossier du traitement des eaux usées.» De l'avis de Michel Desjardins, «cette politique ne peut qu'émaner du gouvernement du Québec. Tant que ce dernier ne s'est pas prononcé, les municipalités ne peuvent pas agir seules.»

Selon Gilles Vaillancourt, pareil programme de soutien financier aux municipalités pour les aider dans leurs efforts de mise en place des technologies plus efficaces ne serait pas aussi coûteux qu'on peut le croire à première vue.

«Il est vrai que l'enfouissement demeure la méthode la moins chère, mais seulement si on ne tient pas compte de la comptabilité environnementale. Par exemple, aujourd'hui, on peut acheter des crédits de carbone à la Bourse de Londres. Les émissions de GES ont un prix. Si on tient compte de ce prix, l'enfouissement devient la méthode la plus chère, à cause des GES émis, et la valorisation par la gazéification devient la moins chère. Comme le gouvernement Charest envisage de participer à une éventuelle Bourse du carbone, il serait possible alors de subventionner les nouvelles installations et de permettre aux municipalités de vendre leurs réductions de carbone auprès de la Bourse. Ensuite, les municipalités seraient tenues de remettre au gouvernement le profit de ces crédits de carbone.»

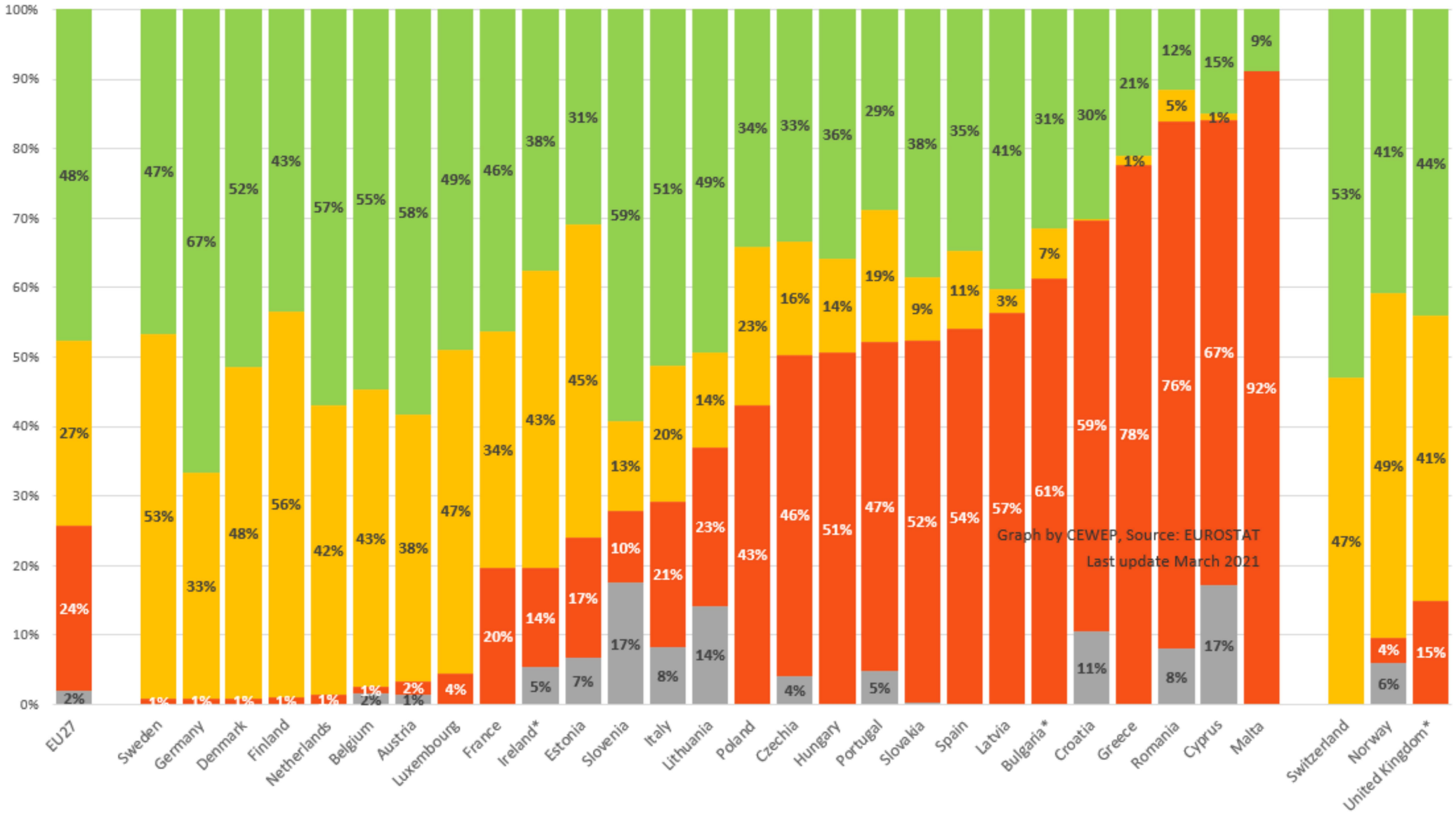
Quoi qu'il en soit, tous s'entendent pour dire que le temps de l'action est venu. «Il ne faut pas attendre d'être rendu à l'ultime problème avant d'agir», croit Suzanne Roy. Et Michel Prescott de conclure: «Si les coûts indiquent que c'est possible, on le fera. Mais il faut réduire les résidus ultimes. Moins il y aura de résidus ultimes, plus les coûts seront bas.»

Collaborateur du Devoir



Municipal waste treatment in 2019

EU 27 + Switzerland, Norway and the UK



Legend:

- Landfill
- Waste-to-Energy
- Recycling + Composting
- Missing data

Graph by CEWEP, Source: EUROSTAT
Last update March 2021



Percentages are calculated based on the municipal waste reported as generated in the country

*: 2018 data (last available)

La dioxine à l'épreuve du sang

Dernier volet d'une recherche épidémiologique initiée voilà douze ans autour de l'incinérateur d'ordures ménagères de Besançon, la mesure du taux de dioxine dans le sang de riverains atteints de lymphome malin non hodgkinien ⁽¹⁾ corrobore l'idée d'une relation entre l'exposition à cette substance toxique environnementale et la survenue de ce type de cancer.

Certes, à Besançon comme dans d'autres villes en France, l'incinérateur d'ordures ménagères a fait l'objet de remise aux normes à la fin des années 1990, reléguant les importants rejets de dioxine dont il était responsable au rang des mauvais souvenirs collectifs. L'incinérateur produisait alors un taux de dioxine 160 fois supérieur aux normes en vigueur en Europe à partir de 1994 ⁽²⁾. Il n'en demeure pas moins que les recherches menées depuis douze ans par l'équipe de Jean-François Viel, enseignant en santé publique à l'université de Franche-Comté, chercheur au laboratoire Chrono-environnement et praticien hospitalier au CHU de Besançon, restent d'actualité ⁽³⁾. Elles ont démontré qu'il existe bien un lien, admis désormais par tous, entre l'exposition aux polluants émis par l'incinérateur bisontin ancienne génération et la survenue de lymphome malin non hodgkinien (LMNH) chez des personnes ayant vécu à proximité. Elles viennent de trouver leur conclusion dans l'étude la plus probante qui soit, celle du sang. L'étude révèle une plus forte concentration sanguine de dioxine chez les patients souffrant de LMNH que chez les personnes constituant l'échantillon témoin comparatif.

⁽¹⁾ Terme très générique désignant les tumeurs dues à une prolifération des cellules du tissu lymphoïde.

⁽²⁾ En 1998, un rapport du ministère de l'Environnement révélait que 15

incinérateurs d'ordures ménagères français émettaient en 1997 un taux de dioxines supérieur à 10 ng équivalents toxiques internationaux (I-TEQ/m³) de fumée rejetée. L'incinérateur de Besançon présentait une concentration de 16 ng I-TEQ/m³, valeur nettement supérieure au seuil de 0,1 ng I-TEQ/m³ fixé par une circulaire européenne du 16 décembre 1994.

(3) Viel JF, Floret N, Deconinck E, Focant JF, De Pauw E, Cahn JY. *Increased risk of non-Hodgkin lymphoma and serum organochlorine concentrations among neighbors of a municipal solid waste incinerator*. Environ Int 2011; 37(2) : 449-53.

Des molécules à la vie dure

Par dioxines, il faut entendre la famille des hydrocarbures aromatiques chlorés, qui comprennent les dioxines proprement dites et les furanes. Elle représente plus de deux cents molécules différentes, dont la TCDD (2, 3, 7, 8-tétrachlorodibenzo-*p*-dioxine), plus connue sous le nom de « dioxine de Seveso », est la plus toxique. Les PCB, polychlorobiphényles, font également partie de l'étude. Comptant deux cent neuf congénères, ils sont, pour les plus fortement chlorés, fixés par le même récepteur cellulaire que les dioxines. De ce fait, ils sont classés sous l'appellation PCB de type dioxine (PCB *dioxin like*). Ces molécules font partie des polluants rejetés jusqu'à la fin des années 1990 par l'usine d'incinération de déchets ménagers. Extrêmement solides et résistantes, elles se dégradent peu. Sept à dix ans sont nécessaires pour éliminer la moitié des molécules de dioxine accumulées dans l'organisme.

« Les résultats d'aujourd'hui sont le reflet d'une exposition environnementale du passé », explique Jean-François Viel. Le dosage de ces molécules, extrêmement complexe, de l'ordre du nanogramme, a demandé plusieurs mois d'analyse dans un laboratoire spécialisé de Liège,

en Belgique. Trente quatre personnes atteintes de LMNH et autant de témoins, ayant tous vécu aux abords de l'usine d'incinération bisontine, se sont soumis aux tests. Les concentrations sanguines en dioxines, furanes et PCB se révèlent bien supérieures chez les patients atteints de lymphome que chez les témoins.

Concentrations moyennes	Cas	Témoins
Dioxines ⁽¹⁾	13,39	8,73
Furanes ⁽¹⁾	9,44	6,27
PCB « dioxin like » ⁽¹⁾	33,13	20,10
PCB non « dioxin like » ⁽²⁾	541,30	335,50

⁽¹⁾ pg OMS1998-TEQ/g lipide

⁽²⁾ ng/g lipide

Dioxine et recherche : petits repères chronologiques

La période 1980 – 1995 a révélé une augmentation significative du nombre de lymphomes malins non hodgkiniens chez les personnes vivant aux abords de l'incinérateur de Besançon. C'est le point de départ d'études épidémiologiques menées depuis plus de dix ans. Si l'impact nocif de la dioxine sur la santé humaine est avéré dans le cas d'expositions à fortes doses comme lors de la catastrophe de Seveso en Italie en 1976, ou dans des milieux professionnels à haut risque (industries sidérurgiques et métallurgiques), il restait à vérifier qu'une exposition dans un environnement plus faiblement contaminé par des rejets de dioxine pouvait

être liée à l'augmentation du nombre de cancers dans la zone concernée. Une comparaison de l'exposition aux dioxines entre des patients atteints de LMNH et des témoins de population a donc été établie, à partir d'un modèle de diffusion atmosphérique de la dioxine. Forme et taille de la cheminée, flux et concentration des polluants, direction des vents dominants, topographie, nature des sols... ces paramètres ont une influence sur la circulation des molécules dans l'air et leur dépôt sur le sol. Ils ont été pris en compte pour modéliser la région bisontine soumise au panache de fumée de l'incinérateur, en quatre grandes zones d'exposition. Ce modèle de diffusion atmosphérique a été validé par la mesure réelle de dioxine dans les sols, partant de soixante quinze prélèvements. Au nord-est du territoire où la topographie est assez simple, la corrélation a bien été établie et a permis de valider à la fois le modèle et l'enquête, 90 % des cas de LMNH et des témoins étant localisés dans cette zone.

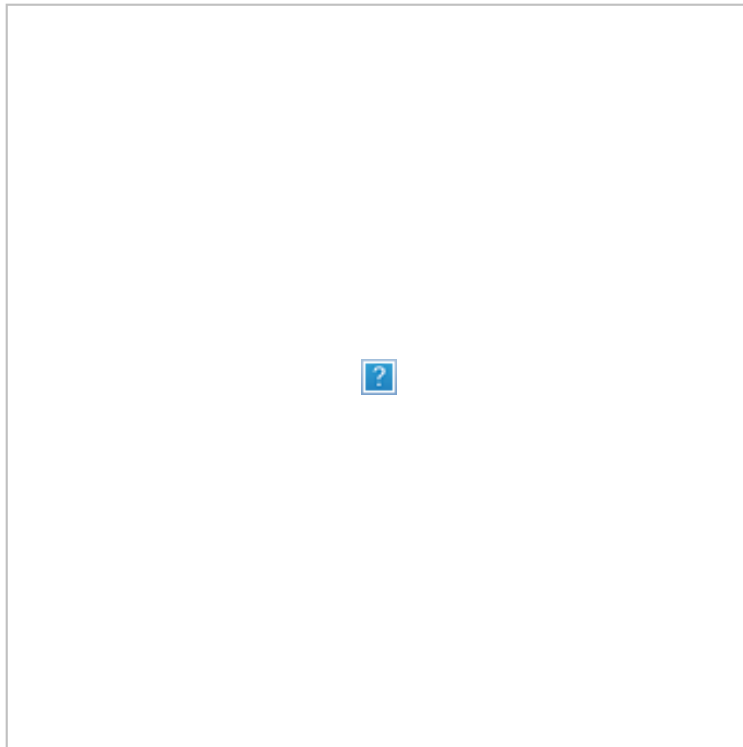
Une nouvelle analyse, en 2006, démontre que le risque de développer un LMNH est 2,5 fois plus élevé pour les habitants de la zone la plus exposée que pour ceux de la zone la moins exposée.

Des résultats convaincants

Si l'échantillon statistique est relativement faible, puisque lié à un site d'observation unique, la différence à la fois considérable et systématique observée entre les taux des deux populations est particulièrement significative. Elle est en outre confirmée par la comparaison avec une population témoin nationale présentant les mêmes taux de dioxines et de furanes que l'échantillon bisontin.

Par ailleurs, la situation de la capitale comtoise apparaît idéale pour se prêter à ce type de recherches, les sources avérées de pollution à la dioxine, à savoir les industries sidérurgiques et métallurgiques, étant

absentes du paysage bisontin. L'incinérateur constituait donc la seule source locale d'importance en termes de retombées environnementales.



Modélisation des retombées atmosphériques de dioxines et localisation des prélèvements de sol

autour de l'usine d'incinération d'ordures ménagères de Besançon.

Cette modélisation des retombées de dioxines au sol, avec un aspect en « ailes de libellule », montre clairement

que l'exposition aérienne aux dioxines n'est pas identique en tout endroit de l'agglomération bisontine.