

Énergie utilisable par les technologies connues de traitement des matières résiduelles

Par:
Jacques Dubois, Seneca
Michel Laforest, Envirogaz
Charles Moreau, 3R Synergie
Gérard Gosselin, ABGG Technologies Inc.

18 février 2010
Hôtel des Gouverneurs, Ste-Foy

Plan de la présentation

- 1- Introduction
- 2- Définitions
- 3- Base de comparaison
- 4- Énergie utile des sites d'enfouissements
- 5- Énergie utile de la biométhanisation
des matières organiques
- 6- Énergie utile produite par gazéification
- 7- Énergie utile produite par combustion

1- Introduction

- Valorisation énergétique des déchets:
 - Utilisation très populaire en Europe et en Asie (Japon, Taiwan, Singapour)
- L'enfouissement avec captage de biogaz:
 - Très populaire au Canada, USA et dans les pays moins développés
- Évaluation comparative:
 - Biogaz des sites d'enfouissement
 - Biométhanisation des matières organiques
 - Gazéification
 - Combustion directe

2- Définition

Valorisation énergétique:

- Transformation des matières en énergie utilisable sous forme de gaz, vapeur, eau chaude.
- Utilisation de cette énergie pour le chauffage ou pour la production d'électricité.
- Remplacement d'autres énergies telles que le gaz naturel, le kérosène, l'huile lourde ou le charbon.

3- Base de comparaison

- Énergie utilisable seulement
- On tient compte de la perte d'efficacité du processus de production d'énergie utilisable
- Exemples:
 - Chaudière à vapeur: 75% de rendement
 - Électricité par:
 - Cycle Combiné: 45% de rendement
(turbine à gaz-vapeur)
 - Moteur Diesel: 30% de rendement
 - Cycle de Rankine: 23% de rendement
(Vapeur)

4- Énergie utile produite avec le biogaz des sites d'enfouissement

Production de biogaz dans les lieux d'enfouissement techniques

Définitions

LET = Lieux d'enfouissement technique

MR = Matières résiduelles = Sac vert

Matière organique = matière putrescible

Biogaz = gaz de digestion anaérobie

GES = gaz à effet de serre

Lixiviat = jus de percolation du LET

Composition du Biogaz

– Méthane	CH ₄	45 à 60%
– Gaz carbonique	CO ₂	35 à 55%
– Azote	N ₂	2 à 5 %
– Oxygène	O ₂	0 à 2%
– Eau	H ₂ O	vapeur saturée
– COV		< 1%
– H ₂ S et mercaptans		< 1%

GES du biogaz non capté

1 tonne de matière résiduelle

≈ 270 m³ de biogaz

≈ 160 m³ de méthane

≈ 110 kg de méthane

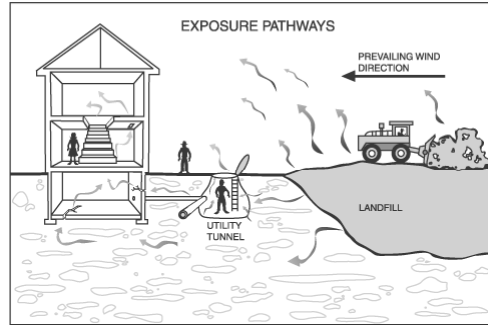
≈ 2.3 tonnes de CO_{2eq}

Risques à court terme

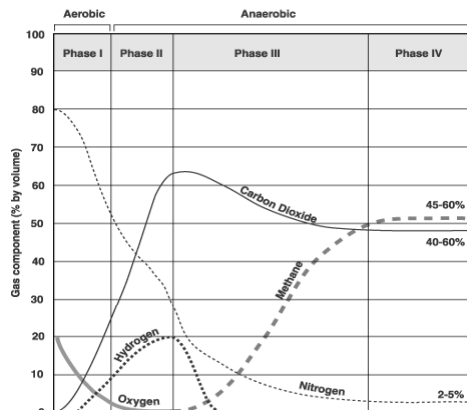
Asphyxie (déplacement de l'air)

Explosion (entre 5% et 15% de méthane dans l'air)

Incendie



Phases aérobies et anaérobies production



Vitesse de production du biogaz

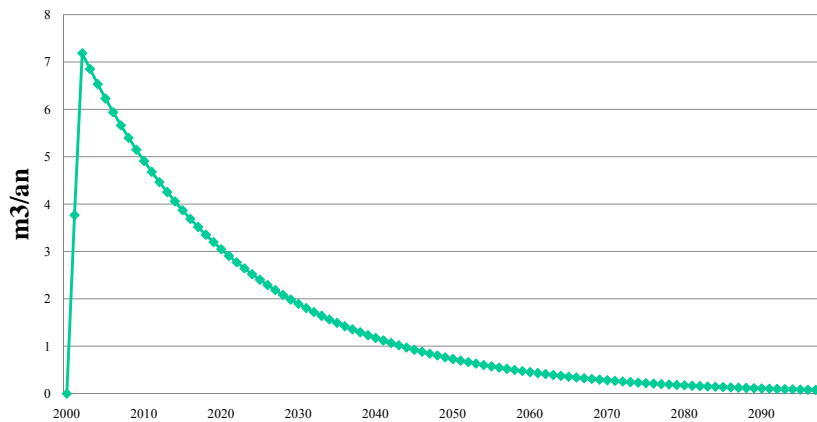
Début de la production anaérobie

6 mois à 1 an après l'enfouissement

25 % est produit après	4 à 6 ans
50 % est produit après	8 à 15 ans
90 % est produit après	25 à 50 ans

Production de méthane

Méthane produit par une tonne



Captage du biogaz

Collecteurs horizontaux (temporaire)

Puits de captage



Efficacité de captage

75% à 95 % du biogaz peut être capté

Conception du réseau de puits

Étanchéité du couvert final

Entretien du réseau de collecteurs et des puits

Utilisation du biogaz

Sans traitement

- Brûlé en torchère
- Brûlé dans une chaudière

Gazmont
Puissance 23,3 MWe



Utilisation du biogaz

Traitement :
déshumidification et filtration

Moteur à combustion interne

- Turbine à gaz



Utilisation du biogaz

Production de biométhane :

- Injection dans le pipeline
- Compression pour combustible automobile

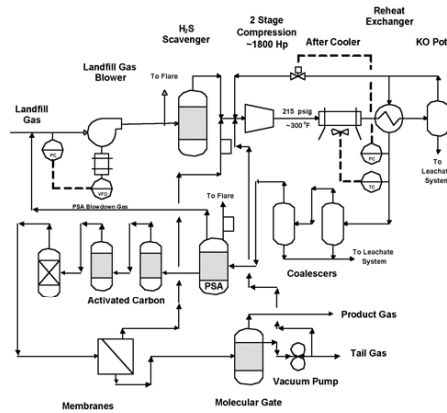


FIGURE 1
PSA / MEMBRANE / MOLECULAR GATE
PROCESSING SCHEME

Énergie électrique disponible

1 tonne de MR produit environ 160 m³ de CH₄

Dans 25 premières années,
on pourra capter 90 m³ de méthane
et produire
240 kWh d'électricité



Production de biométhane
avec une tonne de MR

En 25 ans, 90 m³ de méthane capté

On produira :

80 m³ de biométhane \approx gaz naturel

91 litres d'essence équivalents

\approx 1000 km en voiture

4- Énergie utile produite avec le biogaz des sites d'enfouissement (suite)

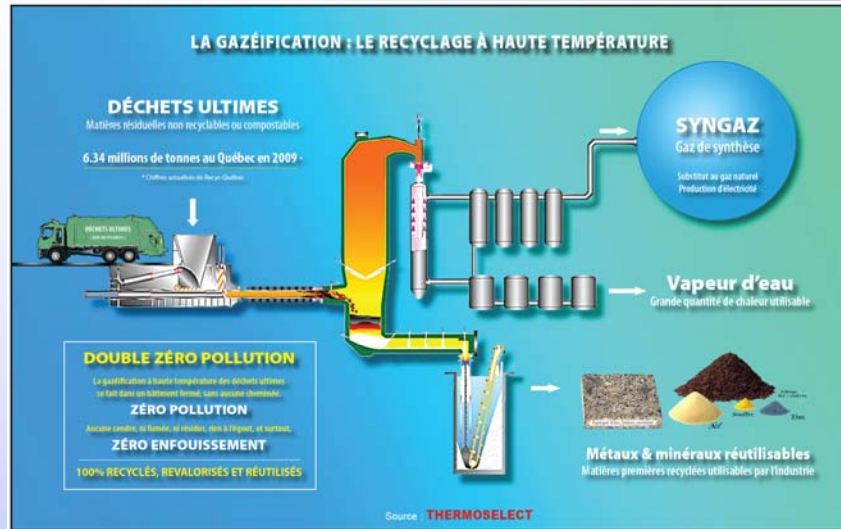
- 75% d'efficacité de collecte du biogaz sur le site
- 55 à 60% de méthane
- 150 à 170 m³ de méthane générés sur 100 ans / T de matière résiduelle
- Énergie brute par tonne:
 - E brute max = $170 \times 0.75 \times 10.46$ kwh / m³
 - E brute max = 1333 kwh / T
 - E brute min = 1078 kwh / T
- Considérons que les 25 premières années d'exploitation produisent 75% du biogaz total produit par un site d'enfouissement
- Énergie utilisable:
 - E max = 1000 kwh / T
 - E min = 808 kwh / T

4- Énergie utile produite avec le biogaz des sites d'enfouissement (suite)

- Énergie nette produite
 - Chauffage dans une chaudière
 $E_{\text{nette}} = 0.75 \times E = 606 \text{ à } 750 \text{ kwh / T}$
 - Électricité dans un moteur Diesel
 $E_{\text{nette}} = 0.3 \times E = 242 \text{ à } 300 \text{ kwh / T}$
- Cette production est répartie sur 25 ans donc on aura une production instantanée de:
 - Vapeur = $606 \text{ à } 750 \text{ kwh / T} \times 1 / 8800\text{h} \times 25 \text{ ans}$
 - Vapeur = 2.8 à 3.4 watt / T
 - Électricité = 1.1 à 1.4 watt / T

5- Énergie utile produite par biométhanisation des matières organiques

- 40 à 60% du poids des matières résiduelles est constitué de matières organiques (Après une cueillette sélective efficace)
 - Il y a 60 à 70% d'humidité dans la matière organique / base humide
 - Donc, 12 à 24% de la masse totale de matière résiduelle après une cueillette sélective efficace est organique
 - 180 m³ de biogaz, soit 1234 kwh, est produit par tonne de matière organique humide
 - Énergie utilisable
 $E = 494 \text{ à } 740 \text{ kwh / T}$ totales de M.R.
 - Énergie nette produite
 - Chaudière (Efficacité de 75%) = 277 à 555 kwh / T
 - Carburant automobile (Eff. de 30%*) = 130 à 260 kwh / T*
- * Sans tenir compte du traitement des biogaz produits



6- Énergie utile produite par gazéification

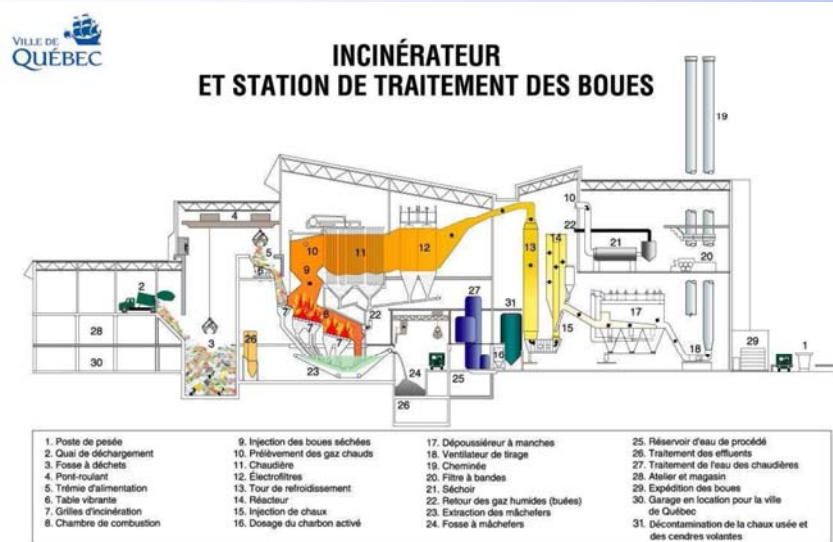
A - Par torche au plasma électrique (Thermoselect)

- Valeur calorifique des déchets: 3047 kw / T
(Sur la base d'une cueillette sélective efficace)
- Gaz de synthèse produit: 1711 kwh / T de déchets
- 308 kwh / T d'électricité requise pour générer le plasma,
produite par Diesel (Eff. 30 %) ceci équivaut à 1026 kwh / T
- Énergie utilisable
 $E = 685 \text{ kwh / T}$
- Énergie nette produite
 - Chauffage dans une chaudière
 $E_{\text{nette}} = 0.75 \times E = 514 \text{ kwh / T}$
 - Eau chaude rejetée (Considérons 50% utilisable)
 $E_{\text{nette}} = 1867 \text{ kwh / T} \times 0.5 = 934 \text{ kwh / T}$
- Énergie nette totale
 $E_{\text{nette}} = 1447 \text{ kwh / T}$
- Production d'électricité possible nette (Cycle combiné)
Électricité nette = $1711 \times 45\% = 462 \text{ kwh / T}$

6- Énergie utile produite par gazéification

B – Dans un réacteur à lit fluidisé

- Val. calorifique des déchets: 3047 kw / T
(Sur la base d'une cueillette sélective efficace)
- Énergie de préparation et séchage des M.R.: 15%
- Énergie de gazéification et épuration des gaz: 20%
- Énergie utilisable dans le gaz produit:
 $E = 3047 \times (1 - (0.15 + 0.2)) = 1980 \text{ kwh / T}$
- Utilisation dans une chaudière
 $E \text{ nette} = E \times 0.75 = 1485 \text{ kwh / T}$
- Production d'électricité (Diesel):
 $\text{Électricité nette} = E \times 0.3 = 594 \text{ kwh / T}$

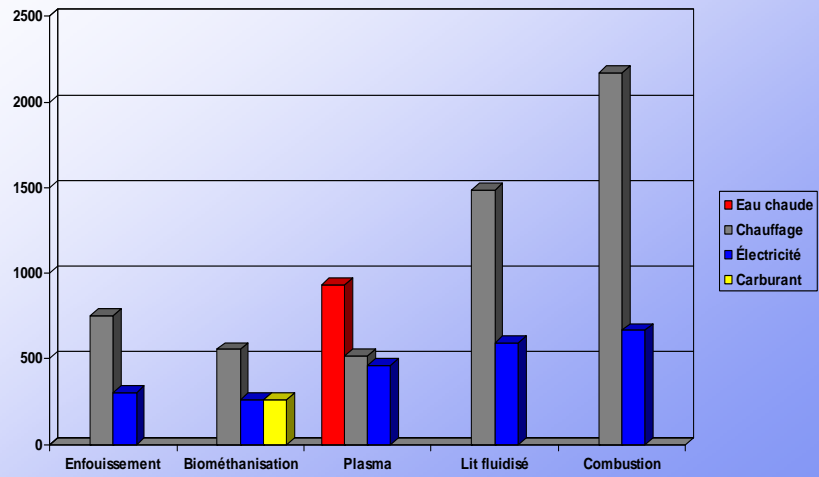


7- Combustion directe

- Val. calorifique des déchets: 3047 kw / T
(Sur la base d'une cueillette sélective efficace)
- Considérons une perte d'énergie de 5% pour le traitement des gaz
- Énergie utilisable:
 $E = 3047 \times (1 - 0.05) = 2895 \text{ kwh / T}$
- Utilisation du gaz dans une chaudière
 $E \text{ nette} = E \times 0.75 = 2171 \text{ kwh / T}$
- Production d'électricité:
 $\text{Électricité nette} = E \times 0.23 = 666 \text{ kwh / T}$

8- Comparaison sommaire (kwh / T)

	Énergie Nette	ou	Électricité
1- Biogaz de site d'enfouissement:	606 à 750 (Chaudière)		242 à 300 (Diesel)
Production instantanée:	2.8 à 3.4 Watt / T		1.1 à 1.4 Watt / T
2- Biométhanisation:	277 à 555 (Chaudière) 130 à 260 (Carburant)		130 à 260 (Diesel)
3- Gazéification par plasma:	514 (Chaudière) 934 (Eau chaude)		462 (Cyc. combiné)
4- Gazéification par lit fluidisé:	1485 (Chaudière)		594 (Diesel)
5- Combustion directe:	2170 (Chaudière)		666 (Vapeur)



Questions ?