

MÉMOIRE TECHNIQUE

L'incinération des ordures ménagères au Québec comme source d'électricité et de vapeur

dans le cadre de

**"L'avis sur la sécurité énergétique des Québécois à l'égard
des approvisionnements électriques et la contribution du projet du Suroit."**

Par

Gérard Gosselin, ing.

ABGG TECHNOLOGIES INC.
8875, Boul. Henri-Bourassa
Charlesbourg (Québec) Canada
G1E 4E4 - Téléphone: (418) 621-8890

Le 19 avril 2004

TABLES DES MATIÈRES

	Page
1. INTRODUCTION	3
2. ÉVALUATION DE LA PRODUCTION D'ORDURES MÉNAGÈRES AU QUÉBEC	3
3. POTENTIEL DE RECYCLAGE PRÉVISIBLE D'ICI 10 À 15 ANS	4
4. DÉFINITION DU CONCEPT PROPOSÉ	4
4.1 Critères de conception	4
4.2 Procédé typique	5
5. POTENTIEL DE RÉCUPÉRATION DE L'ÉNERGIE ET DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ	5
6. COÛTS D'UNE INSTALLATION TYPIQUE	6
6.1 Données de base	6
6.2 Description sommaire des équipements I	7
6.3 Estimation des coûts d'immobilisation	8
6.4 Coûts d'opération	8
6.5 Revenus d'opération autre que les ordures	9
7. CALCUL DES COÛTS DE TRAITEMENT DES ORDURES	10
8. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	11
8.1 Réduction du site d'enfouissement	11
8.2 Gaz à effet de serre	11
8.3 Matériaux réactifs pour le traitement des gaz acides	11
8.4 Transport des ordures	11
9. POLITIQUE INCITATIVE SUGGÉRÉE	12
10. CONCLUSION	12

1. INTRODUCTION

Depuis le début des années 80, l'incinération des ordures ménagères a été considérée comme une source de pollution atmosphérique importante et son usage a été réduit pour cette raison. En effet, à cette époque on a découvert que les incinérateurs d'ordures ménagères émettaient des concentrations importantes de dioxines et de furannes, composés toxiques formés suite à la combustion de produits chlorés. A la suite de cette découverte, la technologie d'épuration des gaz d'incinérateurs s'est développée de façon considérable. On peut maintenant affirmer que la pollution de l'air générée par les incinérateurs munis de systèmes d'épuration appropriés (comme ceux de Québec et de Lévis) n'émettent que des quantités infimes de ces produits, dans des concentrations non nuisibles à l'environnement.

De plus, lorsque l'on évalue l'impact environnemental global sur l'environnement d'un incinérateur dont les gaz de cheminée sont traités correctement, on se rend compte qu'il est de beaucoup inférieur à celui d'un site d'enfouissement. On peut aussi produire beaucoup plus d'énergie électrique ou thermique avec un incinérateur qu'avec un site d'enfouissement.

Nous présentons donc ici un mémoire qui vise à mettre en évidence l'effet bénéfique de cette technologie ainsi que son impact sur la production d'électricité de la province de Québec.

2. ÉVALUATION DE LA PRODUCTION D'ORDURES MÉNAGÈRES AU QUÉBEC

Afin d'évaluer le potentiel énergétique de l'incinération des ordures au Québec, il faut d'abord en évaluer la production. A cette fin, nous utiliserons la ville de Québec comme référence.

Les données de base sont les suivantes:

- Population: 500,000 habitants
- Tonnage incinéré: 340,000 tm/an
- Taux de recyclage des ordures: $\simeq 20\%$
- Production actuelle d'ordures/habitant: 0,85 tm/an/habitant
(incluant les matières recyclées)
- En assumant que le taux de recyclage passe à 50% dans un avenir de 10 ans, le taux de production d'ordures à incinérer passerait alors à .425 tm/an/habitant.

En appliquant ce même taux à la population de la province de Québec, on obtient une production d'ordures à incinérer de 2,975,000 tm/an.

Actuellement, on incinère un total de 380,000 tm/an d'ordures au Québec (Québec, Lévis, Iles-De-La-Madeleine). Le potentiel théorique d'incinération additionnelle est donc de 2,595,000 tm/an. Cependant, il y a des zones peu densément peuplées qui ne pourront pas être desservies efficacement par un incinérateur. En conséquences, nous considérons seulement 80% de cette valeur comme valeur nette potentielle, soit:

2,076,000 tm/an

3. POTENTIEL DE RECYCLAGE PRÉVISIBLE D'ICI 10 À 15 ANS

Considérant qu'à Québec, le taux de recyclage est actuellement d'un peu moins de 20%, il est raisonnable de penser qu'avec l'implantation d'un plan efficace de gestion des matières résiduelles, ce taux passera à 50% dans les prochaines années.

4. DÉFINITION DU CONCEPT PROPOSÉ

4.1 Critères de conception

Dans toutes les agglomérations urbaines ou combinées rurales/urbaines, dont la population totalise plus de 20,000 habitants, il est possible d'implanter un incinérateur à ordures ménagères qui pourra produire de l'électricité et, selon sa localisation, vendre de la vapeur à des clients voisins.

Les critères de base de son implantation seront les suivants:

- Population desservie: - 20,000 habitants minimum
- Localisation:
 - A un endroit le plus central possible par rapport à la population desservie afin de minimiser le transport des ordures par camion, tout en évitant les zones urbaines, afin de minimiser les impacts communautaires.
 - Près d'une usine de papier si possible, pour vendre de la vapeur: ou près d'un consommateur de vapeur pour le procédé et non pour le chauffage en hiver. En effet, l'usage de la vapeur devra être le plus constant possible afin de favoriser une utilisation maximale de l'énergie.
- Objectifs:
 - Produire de l'électricité à l'aide de vapeur haute pression.
 - Vendre si possible, de la vapeur à pression moyenne (50 à 100 psig).
- Équipement de production d'électricité:
 - Turbine à contre-pression pour le cas où on vend la vapeur.
 - Turbine à condensation pour le cas où il n'y a pas de client pour la vapeur.

4.2 Procédé typique

Le procédé typique suggéré comprendra les éléments suivants:

- Le procédé typique suggéré comprendra les éléments suivants:
 - Une aire de réception et de stockage des ordures dans un espace intérieur ventilé de manière à éviter la propagation des odeurs à l'extérieur de l'édifice.
 - Un système d'alimentation manuel des ordures dans le ou les fours d'incinération.
 - Un four d'incinération conçu pour traiter les ordures ménagères.
 - Une chaudière de production de vapeur à environ 1250 psig ou 900 psig selon la dimension de l'installation.
 - Une turbine à vapeur/génératrice à contre-pression ou à condensation selon le cas.
 - Un système de vidange des mâchefers et de séparation des métaux.
 - Un système d'épuration des gaz de combustion avec contrôles des gaz acides, des poussières, des dioxines et des furannes.
 - Un système de recyclage, évacuation des cendres volantes et des réactifs de neutralisation des gaz.

Ce genre d'arrangement permettra de réduire de 90% à 95% le volume total des déchets tout en les rendant inertes pour un enfouissement facile.

5. POTENTIEL DE RÉCUPÉRATION DE L'ÉNERGIE ET DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

Une étude technique effectuée vers 1995 pour l'incinérateur de Montréal (des carrières) permettait de produire 50 MWe avec une incinération de 1200 tonnes/jour d'ordures (420,000 tm/an) à l'aide d'une turbine à condensation.

Considérant une quantité totale d'ordures à incinérer d'environ 2,076,000tm/an et une production moyenne de 35 MWe par 400,000 tonnes d'ordures (car on n'aura pas seulement des turbines à condensation), on peut évaluer la production potentielle d'électricité à environ 173 Mégawatts. De plus, dans toutes ces installations, environ 50% pourront également vendre de la vapeur, assurant ainsi des revenus additionnels importants qui contribueront à réduire les coûts d'incinération. L'énergie contenue dans la vapeur ainsi produite sera équivalente à ce qui suit:

$$E_V = \frac{2,076,000 \text{ m}}{\text{an}} \times 50\% \times \frac{4500 \text{ BTU}}{\text{lb}} \times \frac{\text{kW}}{3415 \text{ BTU}} \times \frac{2200 \text{ lb}}{\text{t}} \times \frac{\text{rendement thermique} (\sim 0,60)}{8500 \text{ h/an}}$$

$$E_V = 212,410 \text{ KW}_{th}$$

Sur une base annuelle ceci correspond à une économie équivalente de gaz naturel comme suit:

$$\begin{aligned} \text{Economie}_{\text{g.N}} &= \frac{212,410 \text{ KW} \times 3413 \text{ BTU}}{\text{KW}} \times \frac{1 \text{ pi}^3}{990 \text{ BTU}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{35 \text{ pi}^3} \times 8500 \text{ h/an} \\ &= 177,832,160 \text{ m}^3 \text{ an} \end{aligned}$$

A un prix de 30 ¢/m³, ceci équivaut à 53,351,700 \$ par année.

6. COUTS D'UNE INSTALLATION TYPIQUE

Afin d'évaluer le coût de ce genre d'équipement, nous évaluerons sommairement les coûts d'investissement et d'opération d'un petit incinérateur qui desservira une population de 50,000 habitants

6.1 Données de base

- Population: 50,000 habitants
- Ordures à incinérer: 0.425 tm/an/h = 21,250tm/an
- Taux d'incinération $T = \frac{21,250}{8500 \text{ h/an}} = 2.5 \text{ tm/h}$
- Valeur calorifique des ordures: v.c. $\approx 4,500 \text{ BTU/lb}$
- Énergie brute produite:
 $E = 2.5 \times 2200 \times 4500 = 24,750,000 \text{ BTU/h}$
- Électricité produite avec une turbine à condensation:
 - Rendement électrique: 20%
 - Électricité vendable: 1450 KW
- Électricité produite avec turbine à contre-pression.
 - Électricité vendable : 600 KW
 - Vapeur vendable: 22,275 lb/h
- Consommation électrique de l'installation:
 - Environ 200 KWe

6.2 Description sommaire des équipements

Afin de traiter la quantité d'ordures de 21,250 tm/an, il faudra les équipements suivants:

- Une fosse de réception d'une capacité d'environ 1 semaine, soit 420 tonnes de stockage nette. Ceci comprend à environ 1260m³ de volume net de stockage.
- Un four d'incinération d'une capacité de 2.5 tm/h comprenant l'alimentation, le four à grille en escalier, les trémies noyées, le convoyeur de vidange des cendres, les systèmes d'air de combustion et contrôles appropriés.
- Une chaudière à haute pression (1250 psig, 950°F) avec contrôles appropriés.
- Un ensemble turbine à vapeur - alternateur:

Option A

- à condensation d'une capacité d'environ 1500 KWe

Option B

- à contre-pression d'une capacité d'environ 600 KWe
- un réseau de transport de la vapeur produite à environ 75 psig pour usage externe.
- Un système d'épuration des gaz comprenant le traitement des poussières, des gaz acides, des dioxines et des furannes.
- Un bâtiment pour contenir l'incinérateur
- Une cheminée pour évacuer les gaz.

6.3 Estimation des coûts d'immobilisation

Les coûts d'immobilisation d'un incinérateur typique de 2.5 tm/h seront approximativement les suivants:

• Terrain et travaux civils:	300,000 \$
• Fosse de réception et treuil:	150,000 \$
• Four et accessoires:	2,000,000 \$
• Chambre et accessoires:	800,000 \$
• Turbine alternateur:	
A - à condensation:	1,000,000 \$
B - à contre-pression:	500,000 \$
- réseau de vapeur:	100,000 \$
• Système d'épuration des gaz:	1,500,000 \$
• Bâtiment:	400,000 \$
• Cheminée:	150,000 \$
• ingénierie et divers:	<u>500,000 \$</u>
Option A:	6,800,000 \$
Option B:	6,400,000 \$

Considérant un financement sur 10 ans à 8%, le coût annuel d'investissement sera d'environ 915,000 \$ à 1,000,000 \$ selon l'option choisie.

6.4 Coûts d'opération

Les coûts annuels d'opération sont estimés comme suit:

• Électricité: 200 kWe x 6 ¢ x 8500 h =	102,000 \$
• Entretien: 3% des équipements/année	
Entretien: $\approx 3\% \times 4,000,000 =$	120,000 \$
• Traitement des gaz: (produits chimiques)	500,000 \$
• Main d'œuvre:	
2 personnes à plein temps:	
2 x 45\$ x 8500 h =	765,000 \$
2 personnes de jour seulement:	
2 x 45\$ x 3285 h =	<u>295,650 \$</u>
• Coût annuel total:	1,782,650 \$

6.5 Revenus d'opération autres que les ordures

Les revenus seront différents selon les scénarios:

Scénario A: Turbine à condensation

Les revenus proviendront de la vente d'électricité seulement, soit:

$$\begin{aligned} R_E &= 1450 \text{ kW} \times 8500 \text{ h} \times 5 \text{ ¢} \\ R_E &= 616,250 \text{ \$/an} \end{aligned}$$

Scénario B: Turbine à contre-pression et vente de vapeur

Les revenus proviendront alors de la vente d'électricité et de la vapeur comme suit:

- Électricité vendue:

$$\begin{aligned} R_E &= 600 \text{ KWe} \times 8500 \text{ h} \times 5 \text{ ¢} \\ R_E &= 255,000 \text{ \$/an} \end{aligned}$$

- Vapeur vendue:

$$\begin{aligned} R_V &= \frac{22,275 \text{ lb/h} \times 990 \text{ BTU/h} \times 7\$}{10^6 \text{ BTU}} \times 8500 \text{ h} \\ R_V &= 1,312,109 \text{ \$/an} \end{aligned}$$

- Total

$$R_T = 1,567,109 \text{ \$/an}$$

7. CALCUL DES COÛTS DE TRAITEMENT DES ORDURES

Le coût de traitement des ordures sera calculé comme suit:

$$C_{\text{Traitement}} = \frac{\text{Coût total annuel de l'opération}}{\text{Tonnage annuel}}$$

Le coût total annuel sera le suivant:

$$C_{\text{Total}}^{\text{annuel}} = C_{\text{Immobilisation}} + C_{\text{Opération}} - \text{Revenus}$$

Scénario A

$$\begin{aligned} C_{\text{TA}} &= 1,000,000 \$ + 1,782,650 \$ - 616,250 \$ \\ &= 2,166,400 \$ \\ C_{\text{Traitement}} &= \frac{2,166,400 \$}{21,250 \text{ tm}} = 101,95 \$/\text{tonne d'ordures} \end{aligned}$$

Scénario B

$$\begin{aligned} C_{\text{TA}} &= 915,000 \$ + 1,782,650 \$ - 1,567,109 \$ \\ C_{\text{TA}} &= 1,130,541 \$ \\ C_{\text{Traitement}} &= 53,20 \$/\text{tonne d'ordures} \end{aligned}$$

On peut donc conclure que l'on a intérêt à trouver un client pour la vapeur lors de l'implantation d'une usine d'incinération car le coût de traitement des ordures s'en trouve considérablement diminué.

8. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

8.1 Réduction des déchets à enfouir

Avec le type d'usine proposé et la récupération des métaux dans les machefers, la quantité de déchets à enfouir sera diminuée de 90 à 95%. La durée de vie du site d'enfouissement sera donc multipliée par 10 à 20 fois et, de plus, la nature inerte des machefers enfouis ne nécessitera plus de traitement de lixiviat.

8.2 Gaz à effet de serre

L'incinération des ordures n'est pas considérée entièrement comme une contribution à la diminution des gaz à effet de serre. En effet, seule la partie organique des ordures (déchets de table et autres) peut-être considérée comme énergie renouvelable. Cependant, si on la compare à l'enfouissement, le problème des résidus non-décomposés est réduit de 90 à 95% par l'incinération. De plus, l'enfouissement des ordures produit des biogaz (méthane + CO²) qui contribuent par un facteur de 21 à 30 (selon les références techniques) aux gaz à effet de serre comparé au CO² produit par la combustion des ordures. Bien que dans un incinérateur on produise 3 fois plus de CO² que dans un site d'enfouissement, ce dernier, durant sa vie utile émet environ 35% de son méthane directement à l'atmosphère, même avec un système efficace de captage de biogaz.

8.3 Matériaux réactifs pour le traitement des gaz acides

Ces matériaux, composés de chaux usée, peuvent être rendus inertes par traitement successif basique et acide et enfouis par la suite. Comme ils sont lixiviés à l'acide, leur enfouissement ne représente aucun problème environnemental subséquent. En terme de masse de résidus inertes produits, ils comptent pour environ 1% de la masse totale des ordures incinérées.

8.4 Transport des ordures

Les incinérateurs sont normalement localisés près du centre des agglomérations urbaines. Ceci permet de réduire considérablement les distances de transport des ordures en comparaison avec les sites d'enfouissement qui sont habituellement localisés loin des zones urbaines à cause du problème des odeurs et de terrains disponibles. Cependant, le choix de la localisation de l'incinérateur devra éviter les zones résiduelles afin d'en minimiser l'impact communautaire.

9. POLITIQUE INCITATIVE SUGGÉRÉE

Afin de favoriser l'implantation de l'incinération des ordures non recyclables pour améliorer l'utilisation énergétique des ordures par une technique beaucoup plus écologique, nous suggérons l'incitatif suivant:

- Subventionner la partie de l'équipement qui sert à produire de l'énergie, soit: la chaudière, la turbine et la génératrice. Cette subvention, d'un coût relativement bas (environ 600\$ à 1000\$ du KW installé) rentabiliserait plus facilement ce type de projet et coûterait moins cher à Hydro-Québec que d'investir dans d'autres projets de barrages et/ou centrales. De plus, elle favoriserait l'amélioration de l'environnement au Québec et contribuerait à réduire la consommation de combustible pour le transport des ordures et pour le client acheteur de vapeur.

En Colombie-Britannique, B.C.Hydro a élaboré un programme élargi basé sur ce principe afin d'augmenter sa production d'électricité près des utilisateurs.

10. CONCLUSION

L'incinération des ordures est une technique beaucoup plus écologique que l'enfouissement avec les méthodes d'épuration des gaz maintenant disponibles. De plus, cette façon de faire comporte un bénéfice important du point de vue énergétique, soit la production potentielle d'environ 170 MWe au Québec.

Le fait de subventionner la partie de production énergétique par Hydro Québec donnerait un incitatif très efficace aux municipalités et/ou promoteurs pour se tourner vers cette pratique. De plus, par cette subvention, Hydro-Québec dépenserait moins d'argent pour une production d'électricité additionnelle que toute autre technique de production.

L'incinération va également contribuer à disperser la production d'électricité sur le réseau, ce qui aura un effet bénéfique sur la nécessité d'augmenter la capacité des lignes de transport.

Gérard Gosselin, ing.