

Annexe 11.

**Estimation des coûts
lieu d'enfouissement technique de Saint-Alphonse**

Municipalité de Saint-Alphonse
Aménagement du lieu
d'enfouissement technique
de Saint-Alphonse

Estimation des coûts d'élimination

Amf
Mars 2007

1. Estimation des coûts d'élimination

Les coûts d'élimination d'un LET se composent de trois volets distincts : soit les coûts d'aménagement, les coûts d'opération et les coûts de post-fermeture. Une estimation de ces trois volets est réalisée dans le cadre de la présente analyse économique. Tous les coûts présentés sont en dollars 2007.

1.1 COÛTS D'AMÉNAGEMENT DU LET

Les coûts d'aménagement du LET incluent les coûts pour l'acquisition des terrains, le réaménagement du Rang 5, l'achat de la machinerie et la construction des cellules d'enfouissement technique, du système de traitement du lixiviat, du recouvrement final et des diverses infrastructures auxiliaires requises pour son exploitation (chemins, station de pompage, garage, etc.). Ils ont été évalués sur une base budgétaire. Il est à noter que ces budgets demeurent préliminaires et qu'ils devront être revus lors de la conception détaillée du projet.

Les coûts des différentes composantes sont présentés au tableau 1. Bien que tous les coûts soient présentés sous une forme forfaitaire, plusieurs ont été établis sur la base de prix unitaires récents obtenus dans le cadre de soumissions pour des travaux similaires.

Le premier article concerne l'aménagement spécifique du LET incluant les travaux d'excavation et de remblai, le terrassement, la mise en place du système d'imperméabilisation, la mise en place du système de collecte du lixiviat, le système de séparation des eaux pluviales, la station de pompage et la conduite de refoulement du lixiviat, etc.

Le second article englobe l'ensemble du système de traitement du lixiviat proprement dit (bassin d'accumulation, étangs aérés, lits filtrant sur tourbe) ainsi que les ouvrages qui y sont associés (postes de pompage, conduites, vannes, regards, etc.).

Au troisième article, on retrouve les infrastructures auxiliaires du LET incluant, entre autres, l'installation d'une balance, d'un détecteur de radiation et d'un bâtiment de service, le chemin d'accès et le chemin de service ainsi que la réfection du Rang 5 et

l'aménagement d'un Écocentre. Il est entendu qu'en regard des infrastructures, les coûts varieront selon les besoins établis et le type d'infrastructure correspondant.

Le quatrième article couvre la fermeture du LET. Il comprend la mise en place progressive du recouvrement final imperméable et du système d'évacuation des biogaz.

Finalement, le dernier article englobe les équipements (puits d'observation) requis pour le programme de surveillance environnementale. Ces équipements ont été basés sur le programme de surveillance environnementale établi dans le cadre de la présente étude d'impact.

Un ensemble de frais connexes a été considéré en supplément aux cinq articles précédents. Il s'agit des études préparatoires (arpentage, étude hydrogéologique et géotechnique, étude d'intégration au paysage, étude d'impact sur l'environnement, etc.) et de l'achat de la machinerie et du terrain.

Le projet global implique ainsi un coût total d'environ 25,68 M\$ pour un coût unitaire de l'ordre de 28,98 \$ la tonne de matières résiduelles enfouie sur une base de 40 000 tonnes par année. Plusieurs de ces travaux seront effectués de façon progressive au cours de l'exploitation du LET de sorte que les investissements seront répartis dans le temps. Par contre, les frais de financement n'ont pas été considérés.

Tableau 1 Coûts d'aménagement du LET de Saint-Alphonse	
Description	Total
➤ Travaux d'aménagement du LET	
o Organisation de chantier	850 000 \$
o Déboisement, excavation, remblayage et terrassement	1 275 000 \$
o Système d'imperméabilisation	4 200 000 \$
o Système de collecte du lixiviat	1 500 000 \$
o Système de séparation des eaux pluviales	125 000 \$
o Station de pompage et conduite de refoulement	180 000 \$
➤ Traitement des eaux de lixiviation	
o Stations de pompage du traitement	360 000 \$
o Bassin d'accumulation, étangs aérés complets, regards, conduites	2 500 000 \$
o Lits filtrants sur tourbe	500 000 \$
o Instrumentation et contrôle, électricité	400 000 \$
➤ Infrastructures auxiliaires	
o Chemin d'accès et de service	210 000 \$
o Fossés de drainage et ponceaux	230 000 \$
o Ensemencement	40 000 \$
o Bâtiment de service , balance et détecteur radiation	650 000 \$
o Ligne électrique	200 000 \$
o Ouvrages divers	40 000 \$
o Écocentre	100 000 \$
o Réfection Rang 5	450 000 \$
➤ Recouvrement final et gestion des biogaz	
o Recouvrement final	4 135 000 \$
o Puits d'évacuation des biogaz du LET	40 000 \$
➤ Surveillance environnementale	
o Puits d'observation de l'eau souterraine	20 000 \$
o Puits d'observation du biogaz	10 000 \$
Sous-total	18 015 000 \$
Imprévus (10%)	1 801 500 \$
Contingence (15%)	2 972 500 \$
Taxes nettes (7,95%)	1 812 000 \$
Sous-total	24 601 000 \$
Autres frais connexes	
Étude préparatoire	250 000 \$
Machinerie	750 000 \$
Achat terrain	75 000 \$
Sous-total	1 075 000 \$
Total composé	25 676 000 \$
Tonnage total	886 000 t
Coût à la tonne	28,98 \$/t

1.2 COÛTS D'OPÉRATION DU LET

Les coûts d'opération peuvent être séparés, pour les fins de la présente, en six volets distincts, soit :

- les opérations d'enfouissement des matières résiduelles;
- la gestion des activités du LET;
- le traitement du lixiviat;
- Le traitement du biogaz;
- Le suivi environnemental;
- L'entretien et le remplacement des équipements.

Les coûts d'opération varient évidemment selon la quantité de matières résiduelles reçue, le mode d'opération, les débits de lixiviat et plusieurs autres facteurs qui peuvent varier dans le temps. Le présent exercice budgétaire est donc valable pour les hypothèses énumérées et il est sujet à révision en fonction de l'évolution des opérations dans le temps.

1.2.1 Opérations d'enfouissement

Les coûts d'opération englobent tous les coûts associés aux activités d'enfouissement incluant la main-d'œuvre, la machinerie et la fourniture en divers matériaux nécessaires aux opérations d'enfouissement (chemins temporaires pour l'accès aux CET).

Les coûts d'opération sont basés sur l'estimation de la main-d'œuvre et des heures de machinerie requises. Dans le cadre de cette étude, les besoins en main-d'œuvre, strictement pour l'opération de la machinerie, sont évalués à 2,5 hommes/an.

Les coûts pour la machinerie ont été estimés en fonction d'un tonnage annuel moyen de 40 000 t/an et de l'utilisation d'un compacteur et d'un chargeur sur roue. L'utilisation de machinerie complémentaire pour l'approvisionnement du front d'enfouissement en matériau de recouvrement journalier, la construction de chemins temporaires et l'entretien général de l'aire d'élimination a également été considéré. Selon la production

des divers équipements, le coût annuel moyen pour la machinerie est évalué à environ 25 000 \$. Il est à noter que ce montant est applicable pour une usure moyenne et il comprend l'achat de l'équipement, les réparations (temps et pièces), les lubrifiants, les filtres, le carburant et les pneus.

Finalement, compte tenu de la durée de vie importante du LET et de sa fermeture progressive, une allocation budgétaire doit être prévue pour la fourniture des divers matériaux nécessaires aux opérations d'enfouissement (chemins temporaires) et à l'entretien du recouvrement final au cours de la période d'exploitation du LET (ensemencement correctif), les tassements les plus importants se produisant habituellement dans les cinq à dix premières années suivant l'enfouissement des matières résiduelles. Un budget annuel de 12 500\$ a été considéré.

La présente estimation est basée principalement sur l'importation de matériaux granulaires. Une allocation est donc prévue pour l'achat de matériaux d'emprunt, tant pour le recouvrement journalier de déchets que pour le recouvrement final du LET. Un budget annuel de 104 000 \$ (13 000 m³ à 8\$/m³) a été considéré pour le recouvrement journalier.

Les coûts pour les opérations d'enfouissement sont résumés au tableau 2.

Description	Coût annuel
➤ main-d'œuvre (2,5 personnes x 45 000,00 \$/an)	112 500 \$
➤ machinerie	25 000 \$
➤ matériaux divers	12 500 \$
➤ matériaux de recouvrement journalier	104 000 \$
Coût annuel moyen	479 000 \$

1.2.2 Gestion du site

Ce volet comprend les éléments qui ne sont pas directement reliés aux opérations d'enfouissement ou à la réalisation du programme de surveillance environnementale. L'estimation budgétaire des coûts de gestion du LET est détaillée au tableau 3.

1.2.3 Traitement du lixiviat

La production de lixiviat augmentera progressivement au cours de l'exploitation du LET tout en demeurant variable d'une année à l'autre, selon les proportions respectives des superficies ouvertes et fermées, les précipitations, etc. Pour les fins de la présente, ce sont les valeurs de l'année 17 d'exploitation qui sont retenues .

Description	Coût annuel
➤ Opération de la balance	
○ Opérateur (incluant les bénéfices marginaux);	30 000 \$
○ Frais d'opération du bâtiment de service et du garage (chauffage, fournitures de bureau, téléphone, électricité, etc.)	30 000 \$
○ Certification de la balance;	1 000 \$
○ Divers (entretien du bâtiment, etc.).	2 000 \$
Somme partielle	63 000 \$
➤ Entretien du site	
○ Nettoyage des lieux (4 h/sem. x 50 sem. x 12,50 \$/h)	2 500 \$
○ Déneigement des chemins	7 500 \$
○ Tonte du gazon	1 500 \$
○ Divers.	8 500 \$
Somme partielle	20 000 \$
➤ Administration	
○ Global	25 000 \$
Somme partielle	25 000 \$
➤ Dépenses diverses	
○ Assurances générales	5 000 \$
○ Taxes diverses	5 000 \$
○ Honoraires professionnels divers	10 000 \$
Somme partielle	20 000 \$
Coût annuel moyen	128 000 \$

Dans le cas du LET de Saint-Alphonse, un système de traitement par étangs aérés incluant un traitement tertiaire a été retenu. Compte tenu de la faible efficacité du traitement biologique en hiver, le lixiviat sera accumulé dans un bassin durant cette période pour reporter son traitement lorsque les conditions seront plus favorables, c'est-à-dire à une

température d'eau supérieure à 8°C. Le traitement sera ainsi réalisé sur une période d'environ 167 jours, soit de la mi-mai à la fin octobre.

Un débit annuel de 17 406 m³/an a été considéré pour l'estimation des coûts de traitement. Cette valeur représente le débit annuel de l'année maximale (année 17).

Les éléments suivants ont été considérés pour l'estimation des coûts de traitement du lixiviat :

- La main-d'œuvre requise pour l'opération de la filière de traitement ;
- Les coûts énergétiques pour les stations de pompage, l'aération des étangs et les divers équipements connexes ;
- L'achat de produits chimiques divers incluant les bactéries d'ensemencement ;
- La disposition des boues.

Le tableau 4 illustre une estimation des coûts de traitement du lixiviat pour le LET de Saint-Alphonse.

Pour la main-d'œuvre, un budget total de 15 000 \$ a été alloué pour l'hivernation et la mise en service de la filière de traitement au printemps et pour le suivi de la filière de traitement par un technicien en assainissement durant la période d'opération. Ce budget prends en considération l'embauche à temps partiel d'un technicien en assainissement.

Les coûts en énergie ont été basés sur un coût unitaire de 0,07 \$/kW-h et sur la puissance et le temps d'opération des principaux équipements mécaniques (postes de pompes, aérateurs).

Le poste principal de refoulement du lixiviat SP-1 sera muni de deux pompes de 1,9 kW (2,5 HP). Les pompes, d'une capacité individuelle de l'ordre de 5 L/s, fonctionneront en alternance pour un temps d'opération totale d'environ 967 heures par année au débit ultime de l'année 17. Pour le traitement du lixiviat, un poste de pompage SP-2 sera requis entre le bassin d'accumulation et les étangs aérés dans le but de régulariser le débit dirigé à la filière de traitement. Cette station sera muni de deux pompes de 1,9 kW (2,5 HP) d'une capacité respective d'environ 5 L/s fonctionnant en alternance. Le temps annuel d'opération des pompes sera aussi de l'ordre 967 heures. Finalement, une troisième station de pompage SP-3 sera installée à la sortie du traitement biologique afin d'alimenter les lits filtrants. Cette station sera munie de trois pompes d'une puissance

respective de 1,1 kW (1,5 HP) et le temps d'opération annuel est estimé aussi à environ 967 heures.

Une puissance d'aération moyenne de l'ordre de 257 kW (344 HP) sera requise dans les étangs aérés pour accommoder la charge organique et azotée du lixiviat. Ainsi, 13 aérateurs d'une puissance respective de 13,4 kW (18 HP) et 11 aérateurs d'une puissance de 7,5 kW (10 HP) seront maintenus en opération dans les étangs aérés au cours de la période de traitement (167 d).

Une allocation de 12 000 \$ a été prévue pour l'achat de produits chimiques divers (acide phosphorique, peroxyde d'hydrogène, bactéries, etc.) et de 4000 \$ pour la disposition périodique des boues.

Tableau 4 Coûts annuels associés à la collecte et au traitement des eaux de lixiviation	
Description	Coût annuel
<p>➤ Main d'œuvre (mai-décembre) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Mise en opération (mai) et hibernation (décembre) ○ Opération et suivi du traitement <p style="text-align: right;"><i>Somme partielle</i></p>	<p>7 500 \$</p> <p>7 500 \$</p> <p>15 000 \$</p>
<p>➤ Coûts énergétique en électricité :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Postes de pompage du lixiviat (SP-1, SP-2, SP-3) ○ Aération du lixiviat ○ Équipements divers (instrumentation) <p style="text-align: right;"><i>Somme partielle</i></p>	<p>400 \$</p> <p>72 000 \$</p> <p>500 \$</p> <p>72 900 \$</p>
<p>➤ Renouvellement et entretien des équipements :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Poste de pompage du lixiviat (3) et accessoires ○ Conduites et étangs aérés ○ Aérateurs de surface et accessoires ○ Lits de tourbe ○ Équipements divers (vannes, instrumentation, etc.) <p style="text-align: right;"><i>Somme partielle</i></p>	<p>5 000 \$</p> <p>4 000 \$</p> <p>34 200 \$</p> <p>6 000 \$</p> <p>5 000 \$</p> <p>54 200 \$</p>
<p>➤ Autres coûts divers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Allocation pour produits chimiques ○ Disposition des boues ○ Divers <p style="text-align: right;"><i>Somme partielle</i></p>	<p>12 000 \$</p> <p>4 000 \$</p> <p>3 000 \$</p> <p>19 000 \$</p>
Coût annuel moyen	161 100 \$

1.2.4 Gestion du biogaz

Le système d'évacuation du biogaz étant statique, seul un budget équivalent à 5% du coût initial d'acquisition a été réservé pour l'entretien et le remplacement de ces équipements.

Description	Coût annuel
➤ Coût d'entretien et de remplacement des équipements ○ Puits d'évacuation	1 800 \$
Coût annuel moyen	1 800 \$

1.2.5 Programme de suivi environnemental

Tel que décrit à la section précédente, le programme de surveillance environnemental associé uniquement au LET proposé englobe les quatre composantes suivantes :

- les eaux souterraines ;
- les eaux de lixiviation ;
- les eaux de surface ;
- les biogaz.

Les coûts annuels pour le programme de surveillance environnementale ont été établis sur la base des fréquences d'échantillonnage et des paramètres d'analyses prescrits par le *Règlement sur l'Élimination et l'Incinération des Matières Résiduelles*. Pour la main-d'œuvre, il est estimé que l'équivalent de 15 jours ouvrable (120 h) par année est requis pour la planification et la réalisation des diverses campagnes d'échantillonnage. Pour le matériel d'échantillonnage, un budget de 1500 \$/an a été prévue pour l'achat ou l'entretien des équipements d'échantillonnage requis (pompe d'échantillonnage, tubes et soupapes Waterra, contenants, etc.).

De plus, une allocation de 2500 \$/an a été réservée pour les analyses chimiques complémentaires qui pourraient s'avérer nécessaires dans le cadre du programme de surveillance environnementale.

Finalement, un montant de 750\$/an a été prévu pour l'entretien et le remplacement des puits d'observation des eaux souterraines et des biogaz.

Description	Coût annuel
➤ Technicien environnement : 120 h/an x 40\$/h	3 750 \$
➤ Entretien et remplacement des puits de surveillance	750 \$
➤ Dépenses matériel d'échantillonnage	1 500 \$
➤ Analyses chimiques en laboratoire :	
○ Eaux de surface	2 500 \$
○ Eaux souterraines	6 500 \$
○ Eaux de lixiviation	3 750 \$
○ Biogaz (location analyseur de biogaz)	1 250 \$
○ Analyses complémentaires	2 500 \$
Coût annuel global	22 000 \$

1.2.6 Synthèse des coûts d'opération

Le tableau 7 présente une synthèse des coûts d'opération du LET ainsi que le coût unitaire à la tonne anticipé.

Description	Coût annuel
➤ Opération d'enfouissement :	479 000 \$
➤ Gestion du site	128 000 \$
➤ Protection de l'environnement	
○ Traitement des eaux de lixiviation	161 100 \$
○ Traitement du biogaz	1 800 \$
○ Programme de surveillance environnementale	22 000 \$
Coût annuel global	791 000 \$
Tonnage annuel	40 000 t
Coût unitaire à la tonne	19,80\$/t

1.3 COÛTS DE POST-FERMETURE

1.3.1 Généralités

Selon le REIMR, tout propriétaire doit prévoir l'entretien général du LET et l'opération des systèmes de traitement du lixiviat et de biogaz sur une période post-fermeture minimale de trente (30) ans.

Cet entretien doit comprendre :

- L'entretien du chemin d'accès, des chemins de services et des fossés de drainage ;
- le maintien de l'intégrité du recouvrement final imperméable du LET, soit le comblement des trous, failles ou affaissement, les réparations au revêtement imperméable, l'entretien du couvert végétal, etc. ;
- le contrôle, l'entretien et le nettoyage du système de collecte et de traitement des eaux de lixiviation, du système de collecte des eaux de ruissellement, du système de évacuation des biogaz ainsi que les puits d'observation des eaux souterraines;
- l'exécution des campagnes d'échantillonnage, d'analyses et de mesures se rapportant aux eaux de lixiviation, aux eaux souterraines, aux eaux de surface ainsi qu'aux biogaz.

De plus, le REIMR exige dorénavant la mise en place d'un fonds monétaire pour garantir le financement de l'entretien post-fermeture. La présente évaluation des coûts post-fermeture englobe les trois volets suivants :

- l'application des programmes de surveillance environnementale;
- l'entretien général du LET incluant le recouvrement final;
- l'opération des systèmes de traitement des eaux de lixiviation et du biogaz.

1.3.2 Programme de suivi environnemental

Pour les fins de la présente, les activités du programme de surveillance environnementale sont considérées, de façon sécuritaire, identiques à celles pour la période d'exploitation du LET. Les coûts annuels sont donc posés à 22 000 \$. Ce coût est jugé sécuritaire puisque l'analyse de certains paramètres pourra éventuellement être diminuée, voir

même abandonnée, dans le cadre du programme de surveillance environnementale post-fermeture lorsque l'historique de ce paramètre démontrera qu'il n'est pas problématique.

1.3.3 Entretien du LET

L'entretien du LET implique le maintien des chemins d'accès et de service et des fossés de drainage au cours de la période post-fermeture de façon à accéder aux divers équipements aménagés sur le site. Au niveau du recouvrement final, la réfection de tout affaissement afin d'éviter l'accumulation d'eau météorique à la surface du LET, l'entretien et la réparation du réseau de drainage des talus périphériques et le maintien de la couche végétale doivent être assurés. Les coûts anticipés pour ces activités sont évalués au tableau 8 suivant. De plus, une allocation annuelle de 5 000 \$ a été prévue pour la gestion post-fermeture du LET.

Description	Coût unitaire
➤ Entretien des chemins	7 500 \$
➤ Réfection du recouvrement final imperméable	12 500 \$
➤ Entretien du réseau de drainage des talus périphériques	7 500 \$
➤ Entretien des fossés de drainage	2 500 \$
➤ Gestion post-fermeture du Let	5 000 \$
➤ Divers	3 500 \$
Coût annuel global	38 500 \$

1.3.4 Traitement du lixiviat

Le débit de lixiviat sera beaucoup plus faible suite à la fermeture complète du LET et la charge organique imposée à la filière de traitement sera moindre. Dans ces conditions, il est jugé sécuritaire, pour la période post-fermeture, de prévoir un coût annuel pour le traitement des eaux de lixiviation de l'ordre de 75% de celui anticipé pour la période d'exploitation, soit environ 121 000 \$. En effet, bien que la charge organique post-fermeture sera de l'ordre de 25% de celle dirigée au cours de l'exploitation, le coût annuel retenu tient compte des frais fixes et du fait que la matière organique qui compose le lixiviat sera à long terme plus réfractaire à la biodégradation, diminuant ainsi l'efficacité du traitement biologique.

1.3.5 Évacuation des biogaz

Pour l'estimation des coûts post-fermeture, il est considéré que l'opération et l'entretien du système d'évacuation des biogaz devront être prolongés sur une période de 30 ans à un coût annuel identique à celui pour la période d'exploitation, soit de 1 800 \$/an.

1.3.6 Synthèse des coûts post-fermeture

Le tableau 9 présente le sommaire des coûts post-fermeture auxquels une allocation équivalente à environ 5% a été attribuée à titre de contingence pour divers coûts complémentaires (assurances, permis, etc.). La contribution au fond a été calculée en considérant une période post-fermeture de 30 ans. La période d'accumulation du fond a été limitée à 22 ans, soit la durée minimale de vie active du site.

Description	Coût annuel
➤ Programme de surveillance environnementale	22 000 \$
➤ Entretien du LET	38 500 \$
➤ Traitement du lixiviat	121 000 \$
➤ Traitement du biogaz	1 800 \$
➤ Contingence	9 500 \$
Coût annuel global	192 800 \$
Tonnage annuel	40 000 t
Contribution requise au fond de post-fermeture	1,75 \$/t

* Basé sur un taux de rendement d'exploitation de 5,46%, un taux de gestion de fiducie de 1%, soit un taux de rendement de 4,46% lors de l'exploitation et pour les 5 dernières années d'exploitation du site et lors de la période post-fermeture, un taux de rendement de 3,96%.

1.4 SYNTHÈSE DES COÛTS

Le tableau 10 présente un sommaire des coûts d'aménagement, d'opération et de post-fermeture de façon à établir le coût unitaire global à la tonne pour l'élimination des matières résiduelles au LET de Saint-Alphonse. Un coût unitaire de l'ordre de 51 \$/t est donc anticipé pour le LET de Saint-Alphonse. Ce coût ne comprend pas les frais de

financement des travaux et des équipements de sorte qu'il est estimé que le coût unitaire réel sera plutôt de l'ordre de 60 \$/t à 65 \$/t.

Description	Coût unitaire
➤ Coûts d'aménagement du LET	28,98 \$/t
➤ Coûts d'opération	19,80 \$/t
➤ Contribution au fond de post-fermeture	1,75 \$/t
Coût unitaire global à la tonne	50,53 \$/t

Ces coûts sont fournis à titre indicatif seulement et ils sont valables en fonction des hypothèses énumérées à la présente analyse économique. Une vérification détaillée et une analyse plus approfondie devront être réalisées lors de la préparation des plans et devis du projet.