

RÉGIE DES MATIÈRES RÉSIDUELLES DU LAC-SAINT-JEAN

ÉTUDE TECHNIQUE


Aménagement du lieu d'enfouissement technique


de la Régie des matières résiduelles du

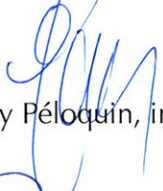
Lac-Saint-Jean

Projet N° Q126621 / 101-53195-00

GENIVAR Inc.
1175, boul. Lebourgneuf, bureau 300
Québec (Québec) G2K 0B4
Téléphone : 418 780-0878
Télécopieur : 418 780-4182


Équipe de travail : Jean Bernier, ing. M. Sc. (Membre OIQ : # 106588)


Natalie Gagné, ing. M. Sc. (Membre OIQ : # 115202)


Guy Pélouquin, ing. M. Sc. (Membre OIQ : # 41381)


Catherine Verrault, M. Sc., M. Sc. A.

Document révisé par André Simard
Membre OIQ : # 32364

Québec, le 19 juillet 2011

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1. INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE	1
2. DESCRIPTION DU SITE	2
2.1 Localisation	2
2.2 Respect des exigences de localisation.....	3
3. SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT DU LET	4
3.1 Aire d'élimination des matières résiduelles	4
3.2 Bâtiment de service, balance et poste de contrôle	5
3.3 Chemin d'accès, chemin de service et chemins temporaire	5
3.4 Aire d'entreposage des matériaux meubles	6
3.4.1 Matériaux d'excavation	6
3.4.2 Matériaux de recouvrement journalier.....	7
3.5 Aire du système de traitement du lixiviat	7
3.6 Aire du système de collecte et d'élimination du biogaz	7
3.7 Zone tampon et mesures de dissimulation	8
4. MODE ET SÉQUENCE D'EXPLOITATION DU LET.....	9
5. DESCRIPTION DES COMPOSANTES TECHNIQUES DU LET.....	11
5.1 Contraintes géotechniques.....	11
5.2 Système d'imperméabilisation	11
5.3 Systèmes de collecte et de gestion du lixiviat.....	13
5.3.1 Système primaire de collecte et d'évacuation du lixiviat.....	13
5.3.2 Système secondaire de collecte du lixiviat.....	15
5.3.3 Accès de nettoyage	16
5.3.4 Postes de pompage.....	16
5.4 Recouvrement final	17
5.5 Gestion des eaux de ruissellement.....	19
6. TRAITEMENT DES EAUX DE LIXIVIATION	20
6.1 Généralités	20
6.2 Système de traitement des eaux de lixiviation.....	20
6.2.1 Généralités	21
6.2.2 Lixiviat généré par le LET.....	22
6.2.3 Charges polluantes à traiter	25
6.2.4 Exigences de traitement.....	26
6.2.5 Filière de traitement du lixiviat	27
7. DESCRIPTION DES OUVRAGES DE CAPTAGE ET DE DESTRUCTION DU BIOGAZ.....	43
7.1 Réseau de captage du biogaz du LET.....	43
7.2 Station de pompage et de destruction du biogaz.....	45

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	<i>Page</i>
8. MODALITÉS OPÉRATIONNELLES DU LET	47
8.1 Contrôle et inspection des matières résiduelles reçues	47
8.2 Opérations d'enfouissement	48
8.3 Entretien préventif des composantes du LET	50
8.4 Machinerie	51
8.5 Horaires d'exploitation	52
8.6 Accès	52
9. PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL	53
9.1 Durée d'application.....	53
9.2 Méthode d'échantillonnage	54
9.3 Transmission des résultats au MDDEP	54
9.3.1 Suivi des eaux	55
9.3.2 Suivi de la qualité de l'air	55
9.4 Eaux souterraines.....	56
9.4.1 Nombre de puits et localisation	56
9.4.2 Mesures de surveillance des eaux souterraines	56
9.5 Eaux de lixiviation et eaux de surface	59
9.5.1 Mesures de surveillance des eaux rejetées	59
9.5.2 Valeurs limites et objectifs de rejet	61
9.5.3 Sommaire des programmes de suivi des eaux	62
9.6 Biogaz	63
9.6.1 Échantillonnage dans le sol	64
9.6.2 Échantillonnage de l'air ambiant à l'intérieur des bâtiments	64
9.6.3 Échantillonnage du méthane à la surface des cellules d'enfouissement	65
9.6.4 Échantillonnage aux têtes de puits d'extraction du biogaz	65
9.6.5 Suivi des données d'opération à la station de pompage du biogaz.....	66
9.7 Plan d'intervention	67
9.7.1 Généralités	67
9.7.2 Contamination des eaux souterraines	67
9.7.3 Migration du biogaz	68
9.8 Inspection du site	69
9.9 Registre et rapport annuel	70
10. ANALYSE ÉCONOMIQUE PRÉLIMINAIRE	72
10.1 Généralités	72
11. CALENDRIER DE RÉALISATION	74
12. CONCLUSION.....	76

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1 : Séquence d'exploitation proposée pour le LET de la RMRLSJ	10
Tableau 6.1 : Débit annuel de lixiviat projeté pour l'aménagement du LET de la RMRLSJ	23
Tableau 6.2 : Composition typique des eaux de lixiviation	25
Tableau 6.3 : Exigences minimales pour les eaux traitées	26
Tableau 6.4 : Débit de pompage du système de traitement des eaux de lixiviation	28
Tableau 6.5 : Établissement des paramètres de conception pour la filière de traitement du lixiviat (année 2039)	29
Tableau 6.6 : Dimensions du bassin d'accumulation	31
Tableau 6.7 : Hypothèses température et débit journalier	35
Tableau 6.8 : Rendement du traitement aéré.....	36
Tableau 6.9 : Caractéristiques des bassins aérés et de sédimentation	37
Tableau 6.10 : Paramètres pour calcul d'aération	38
Tableau 6.11 : Affluent et effluents du système RBSF	40
Tableau 6.12 : Conception du système RBSF	41
Tableau 9.1 : Paramètres indicateurs.....	58
Tableau 9.2 : Paramètres de suivi des eaux souterraines.....	58
Tableau 9.3 : Valeurs limites pour le rejet des eaux à l'environnement	61
Tableau 9.4 : Sommaire des programmes de suivi environnemental de la qualité des eaux.....	63
Tableau 10.1 : Synthèse des coûts d'élimination.....	72

LISTE DES FIGURES

Figure 6.1 : Production de lixiviat estimée pour le projet d'aménagement du LET de la RMRLSJ.....	24
Figure 7.1 : Génération et captage du biogaz – Projet proposé	46
Figure 11.1 : Échéancier de réalisation du projet d'aménagement du LET de la RMRLSJ	75

LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE A – ANALYSE DES COMPOSANTES GÉOSYNTHÉTIQUES
- ANNEXE B – ÉQUIVALENCE DU GÉOFILET DE DRAINAGE
- ANNEXE C – ANALYSE STRUCTURALE DES CONDUITES
- ANNEXE D – ANALYSE DE LA COUCHE DRAINANTE
- ANNEXE E – SIMULATIONS HELP
- ANNEXE F – DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES
- ANNEXE G – DEVIS D'ASSURANCE QUALITÉ DES GÉOSYNTHÉTIQUES
- ANNEXE H – ESTIMATION DES COÛTS
- ANNEXE I – PLANS RÉDUITS

1. INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE

La Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean (RMRLSJ) désire aménager et exploiter un lieu d'enfouissement technique (LET) dans le secteur sud-est de la municipalité d'Hébertville-Station. Cette municipalité fait partie de la MRC Lac-Saint-Jean-Est, l'une des trois MRC avec celles du Domaine-du-Roy et de Maria-Chapdelaine constituant la RMRLSJ.

Malgré la priorité accordée aux activités de récupération, recyclage et valorisation, l'aménagement de ce lieu d'enfouissement technique, répondant à des normes et exigences environnementales strictes, demeure un élément clé du plan de gestion des matières résiduelles de la RMRLSJ pour l'élimination sécuritaire de ces déchets au cours des prochaines décennies.

La fermeture du LET de l'Ascension anticipée en 2013 a obligé la RMRLSJ à regarder les diverses alternatives envisageables pour l'élimination des ses matières résiduelles. L'aménagement d'un nouveau LET sur son territoire a finalement été retenu.

La présente étude propose une description technique du projet de LET et des divers éléments qui le composent. Ce projet d'aménagement du LET de la RMRLSJ est basé sur les exigences réglementaires actuelles et des informations tirées des différentes études sectorielles produites dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement.

Dans le cas où le projet était accepté, certaines modifications visant à augmenter la protection environnementale pourraient être apportées à ce concept initial de manière à adapter les différents ouvrages aux conditions d'exploitation réelles.

Les principales composantes du projet sont décrites de manière à en permettre une compréhension suffisante pour réaliser l'évaluation des impacts. Les plans d'aménagement et de détails sont regroupés dans le Volume II du présent rapport. Cependant, pour une référence rapide, une copie en format réduit des mêmes plans et détails types est fournie à l'annexe I du présent rapport.

Dans un premier temps, la localisation du projet de LET est abordée. Par la suite, les aspects techniques du LET sont présentés, incluant plus particulièrement l'aménagement général du site, les critères de conception, la description des divers systèmes et composantes techniques, les infrastructures connexes, le mode d'opération, le suivi environnemental et pour terminer, les données économiques.

2. DESCRIPTION DU SITE

2.1 Localisation

Le terrain retenu pour l'aménagement du LET est localisé à l'intérieur du territoire intramunicipal public (TPI) situé à l'intérieur des limites de la municipalité d'Hébertville-Station dans la MRC.

Plus précisément, le LET proposé est localisé sur les lots 16 à 24 du Rang 3 Est de l'arpentage primitif du canton de Labarre. Dans le cadre de la présente étude, il a été considéré que l'ensemble du TPI serait cédé à la RMRLSJ par le Gouvernement du Québec. Bien que ce territoire couvre une superficie de 372 ha, la superficie pour l'aménagement du LET et des ouvrages connexes (zone tampon, chemin d'accès, garage, systèmes de traitement du lixiviat, système de destruction du biogaz, etc.) couvre une superficie approximative de 16,63 ha, soit 14,45 ha pour l'aire d'enfouissement et 2,18 ha pour l'aire de traitement.

Le choix final de ce site a été effectué à la suite d'une recherche systématique de sites potentiels sur le territoire de la MRC du Lac-Saint-Jean par le Groupe Nippour (Nippour, 2009) en collaboration avec la RMR au cours de l'année 2009/2010. Cette recherche, basée sur des critères de localisation de nature réglementaire, administrative, technico-économique et environnementale, a permis d'identifier le secteur finalement retenu au sud-est d'Hébertville-Station comme le plus propice à l'aménagement du LET.

Sur le secteur de 372 ha identifié préalablement par le Groupe Nippour, les conditions topographiques, géologiques, hydrogéologiques et environnementales (aspects visuels, lacs et cours d'eau, etc.) ont finalement dicté le choix d'un site de 16,63 ha pour l'emplacement final du LET en fonction des besoins d'enfouissement pour une période minimale de 42 ans.

Ce terrain est actuellement presque entièrement boisé, ce qui permettra de maintenir une bande forestière dans la zone tampon pour assurer la dissimulation des activités d'enfouissement au LET.

Pour permettre l'accès au site, un nouveau chemin sera construit pour prolonger le rang 9 jusqu'au site à partir de son intersection avec la route 170. Ce nouveau chemin évitera la circulation des camions sur le rang 8 où se retrouvent plusieurs habitations.

Le plan 1 montre la localisation générale du LET incluant les principaux ouvrages requis dont l'aire d'enfouissement, le garage, le système de traitement du lixiviat, le système de collecte et d'élimination du biogaz et le chemin d'accès proposé.

2.2 Respect des exigences de localisation

Le LET proposé respecte toutes les exigences de localisation prescrites par le REIMR dont :

- L'aire d'enfouissement des matières résiduelles et le système de traitement du lixiviat sont aménagés à une distance minimale d'un kilomètre de toute installation de captage d'eau de surface ou de toute installation de captage d'eau souterraine qui servent soit à la production d'eau de source ou d'eau minérale au sens du Règlement sur les eaux embouteillées (R.R.Q., 1981, c. Q-2, r. 5), soit à l'alimentation d'un aqueduc autorisé en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c.Q-2).
- Basée sur les données disponibles lors de la réalisation de la présente étude, l'aire d'enfouissement proposée se situe hors des zones suivantes :
 - la zone d'inondation d'un cours ou plan d'eau (ligne d'inondation d'une récurrence de 100 ans);
 - toute zone à risque de mouvement de terrain;
 - un terrain en dessous duquel se trouve une nappe libre ayant un potentiel aquifère élevé tel que défini par le REIMR.
- Une zone tampon d'une largeur minimale de 50 m est maintenue sur le pourtour de l'aire d'élimination proposée, du système de traitement des eaux de lixiviation et du système de collecte et d'élimination du biogaz. La zone tampon fait partie intégrante de la propriété du lieu d'enfouissement et ne comporte aucun cours ou plan d'eau tel que défini par le REIMR. Elle est destinée à préserver l'isolement du lieu, à en atténuer les nuisances et à permettre, au besoin, l'exécution de travaux correctifs sur toute la périphérie de la propriété.

3. SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT DU LET

De façon générale, le schéma d'aménagement proposé pour le LET englobe les éléments suivants :

- l'aire d'élimination des matières résiduelles;
- l'aire administrative et de services incluant le bâtiment, le garage et la balance;
- l'aire de traitement des eaux de lixiviation;
- l'aire du système de collecte et d'élimination du biogaz;
- le chemin d'accès, le chemin de service et les chemins temporaires;
- l'aire d'entreposage des matériaux.

3.1 Aire d'élimination des matières résiduelles

Le concept d'aménagement pour le LET de la RMRLSJ tient compte des contraintes géotechniques inhérentes aux matériaux naturels présents, aux matériaux synthétiques utilisés, ainsi que des conditions hydrogéologiques qui prévalent. La proximité du roc dans le secteur a été considérée pour le développement du projet sur la base du règlement¹ proposé en mai 2009 pour la modification du REIMR qui élimine la distance minimale de 1,5 m entre la base du système d'imperméabilisation et du roc.

L'aire d'élimination proposée est illustrée au plan 2. Elle a été définie afin de permettre l'enfouissement d'un tonnage annuel de 50 000 t sur une période d'environ 42 ans.

L'aire d'élimination proposée couvre une superficie totale de 14,45 ha pour une capacité d'enfouissement totale de 2,5 Mm³ incluant les matériaux de recouvrement journalier. En considérant un taux d'utilisation du volume d'enfouissement typique de 850 kg/m³, la capacité massique totale du LET est donc de l'ordre de 2 125 000 tonnes.

Sur la base d'un tonnage annuel de 50 000 t, la durée de vie du LET sera donc aux environs de 42 années. Cette durée de vie pourra cependant varier en fonction des tonnages annuels et du taux réel de compaction des matières résiduelles.

¹ Règlement modifiant le règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles et le règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles. Gouvernement du Québec, Gazette officielle, mai 2009.

L'aire d'élimination est divisée en 13 cellules d'enfouissement technique (CET) qui seront construites progressivement en fonction des besoins d'enfouissement. La superficie des CET varie entre 7 500 et 14 800 m². L'élévation maximale du LET atteindra une hauteur variant entre 224,4 m dans le secteur nord-ouest à 229,12 m dans le secteur sud-est. Le profil final de l'aire d'enfouissement présentera un talus périphérique d'une pente de 30 %, tandis que sur le toit, une pente maximale de 5 % sera respectée jusqu'au faite. La surélévation maximale du LET variera entre 23 m (nord-ouest) et 33 m (sud-est) par rapport au chemin périphérique ceinturant l'aire d'enfouissement. L'élévation finale du LET ne dépassera pas l'élévation 229,12 m après recouvrement final.

3.2 Bâtiment de service, balance et poste de contrôle

Un bâtiment de service abritant un poste de contrôle pour la balance, un garage, un bureau et une aire de repos pour les employés est proposé à l'entrée du LET. Conformément au REIMR, une balance munie d'un détecteur de radiation est installée à l'entrée du LET afin de contrôler en permanence l'accès au site pour les divers usagers et pour valider la provenance et la nature des résidus admis.

Ce bâtiment de service aura une superficie d'environ 150 m². Une barrière cadenassée empêchera l'accès au site en dehors des heures d'ouverture. Ce bâtiment possèdera les équipements nécessaires à la sécurité et à la protection de la santé des employés œuvrant sur le site (eau potable, installations sanitaires, chauffage, téléphone, etc.).

3.3 Chemin d'accès, chemin de service et chemins temporaire

Le LET de la RMRLSJ sera accessible par un nouveau chemin construit à partir de l'extrémité sud du rang 9 pour rejoindre l'entrée du site. De plus, la partie existante du rang 9 au sud de la route 170 sera complètement refaite. Depuis la route 170, le chemin d'accès proposé montre une longueur d'environ 3 km (plan 1). Ce chemin principal aura une largeur d'environ 10 m en incluant les accotements afin de permettre aux camions de circuler en toute sécurité jusqu'au site, plus particulièrement en hiver.

Sur la propriété du LET, un chemin de service sera également aménagé progressivement sur la périphérie de l'aire d'enfouissement pour assurer l'accès à la cellule d'enfouissement en exploitation et pour permettre la réalisation des opérations d'entretien, de nettoyage et de suivi environnemental. Ce chemin permettra également d'accéder en toute saison au système de traitement du lixiviat et à celui d'élimination du biogaz. Sur la périphérie de l'aire d'enfouissement, avec une vitesse maximale autorisée de 20 km/h sur le site, la largeur des chemins de service sera limitée à 10,0 m avec des rayons de virage appropriés et des zones de rencontre élargies au besoin. Dans le secteur de l'aire de traitement, la largeur du chemin de service sera limitée à 5 m.

Finalement, des chemins de service temporaires seront aménagés périodiquement pour permettre l'accès à l'intérieur du LET jusqu'au front d'enfouissement. Ces chemins circuleront principalement sur les matières résiduelles en place ou au fond de l'excavation pour rejoindre le front d'enfouissement en exploitation.

3.4 Aire d'entreposage des matériaux meubles

3.4.1 Matériaux d'excavation

Avec la présence du roc à faible profondeur sur le site proposé pour l'aménagement du LET, les volumes d'excavation seront considérablement réduits. Une gestion et une ségrégation des différents matériaux meubles excavés seront effectuées lors de la construction de chacune des CET de façon à favoriser leur réutilisation lors de travaux subséquents (CET future, recouvrement final, etc.) ou pour l'exploitation du LET (recouvrement journalier, chemin temporaire, etc.).

Les matériaux réutilisables pour l'exploitation ou pour les travaux d'aménagement du LET seront entreposés sur les superficies non exploitées de l'aire d'enfouissement situées à proximité. Les matériaux seront mis en réserve indépendante en fonction de leur usage ultérieur prévu, par exemple :

- la terre végétale pour le recouvrement final du LET ou tout autre ouvrage nécessitant un ensemencement (fossés, talus, etc.);
- les matériaux granulaires (sable, gravier) pour l'assise du LET, les tranchées de biogaz, la couche de captage du biogaz, le recouvrement journalier, les chemins et la couche de protection du recouvrement final.

3.4.2 Matériaux de recouvrement journalier

Avec un tonnage annuel de 50 000 t de matières résiduelles, le volume annuel de matériaux requis (sols, matériaux alternatifs acceptables, etc.) pour assurer un recouvrement journalier adéquat sera de l'ordre de 12 250 m³, soit environ 250 m³ par semaine.

L'excavation de matériaux granulaires étant limitée sur le site à cause de la proximité du roc, la majeure partie des matériaux pour le recouvrement journalier des matières résiduelles devra être importée d'une sablière ou carrière locale. Les matériaux seront livrés au site périodiquement afin de maintenir une réserve maximale équivalente à environ un mois d'opération (1 000 m³) à proximité du front d'enfouissement. Cette aire d'entreposage se déplacera avec l'avancement progressif du front d'enfouissement afin de limiter la distance de transport sur le site lors des opérations de recouvrement journalier en fin de journée.

De plus, la RMRLSJ favorisera l'utilisation de matériaux alternatifs conformes aux exigences du REIMR (sols contaminés, résidus de récupération, etc.) pour le recouvrement journalier lorsque possible afin de réduire l'importation de sols requis.

3.5 Aire du système de traitement du lixiviat

Le LET sera muni d'un système complet de traitement des eaux de lixiviation. Ce système de traitement sera localisé à l'extrémité nord-ouest du LET et occupera une superficie approximative de 2,2 ha. Une zone tampon de 50 m est maintenue entre le système de traitement et la limite de propriété. L'aire de traitement du lixiviat est montrée au plan 2. Le système de traitement proposé est décrit plus en détail dans le chapitre 6.

3.6 Aire du système de collecte et d'élimination du biogaz

Une station de collecte et de destruction thermique du biogaz sera aménagée également à l'extrémité nord-ouest du LET afin de regrouper l'ensemble des ouvrages et équipements de traitement dans le même secteur, ces ouvrages et équipements étant liés l'un à l'autre à certains égards (électricité, gestion du condensat du biogaz, etc.).

Cette station, composée de soufflantes et d'une torchère à flamme invisible, ne nécessite qu'une faible superficie de terrain. Elle sera aménagée à proximité du système de traitement du lixiviat comme le montre le plan 2. La station de collecte et d'élimination du biogaz est décrite en détail au chapitre 7.

3.7 Zone tampon et mesures de dissimulation

L'étude d'intégration au paysage (réf. : Rapport – Étude d'intégration visuelle au paysage – Aménagement du lieu d'enfouissement de la RMRLSJ – GENIVAR, décembre 2010, projet Q126618) a permis de déterminer l'empreinte au sol du LET et d'en définir le profil final de façon à garantir que les activités d'enfouissement de matières résiduelles ne seront pas visibles ni d'un lieu public, ni du rez-de-chaussée d'une habitation située dans un rayon d'un kilomètre de l'aire d'enfouissement.

Pour assurer le respect de cette exigence réglementaire, une bande boisée d'un minimum de 20 m devra être maintenue à l'intérieur de la zone tampon. Aucune mesure d'atténuation supplémentaire n'est prévue dans le cadre du présent projet pour la dissimulation des activités d'enfouissement. Des bornes visibles seront installées afin que les limites intérieures et extérieures de la zone tampon soient repérables à tout moment.

4. MODE ET SÉQUENCE D'EXPLOITATION DU LET

L'aire d'enfouissement proposé est découpée en 13 CET d'une superficie individuelle variant entre 7 500 et 14 800 m². La conception des CET a été effectuée en considérant les contraintes imposées par le site et de façon à limiter la production de lixiviat au cours de l'exploitation du LET.

L'exploitation du site débutera à l'extrémité sud-est du LET au point bas du système de collecte et d'évacuation du lixiviat où une station de pompage sera installée pour le refouler jusqu'au bassin d'accumulation de la station d'épuration.

Cette cellule d'enfouissement est la plus éloignée de la zone d'accès au LET et des stations de traitement du lixiviat et du biogaz. Le chemin de service devra par conséquent être aménagé jusqu'à cette première cellule dès la première phase d'exploitation ainsi que la conduite de refoulement du lixiviat et le collecteur principal du biogaz.

La construction des CET et l'exploitation générale du LET se feront donc en revenant progressivement vers la zone d'entrée du LET en fonction des besoins d'enfouissement.

Compte tenu de la proximité du roc, l'exploitation du LET se fera principalement en surélévation par rapport au terrain naturel. Les opérations d'enfouissement seront réalisées de façon à favoriser une mise en place progressive du recouvrement final et du réseau de collecte du biogaz en tenant compte par contre des contraintes d'exploitation générale d'un LET présentant une surélévation moyenne d'environ 25 m (chemin d'accès au front, stabilité des matières résiduelles). Un recouvrement final sera effectué immédiatement sur les sections complétées du LET ou dès que les conditions climatiques le permettront.

Le tableau 4.1 décrit la séquence d'exploitation présumée pour le LET en considérant un tonnage annuel de 50 000 tonnes. Il est important de noter que la séquence d'exploitation pourra varier sur la vie utile du LET selon les quantités de matières résiduelles reçues et les taux d'enfouissement réellement obtenus. La séquence présentée se veut une projection approximative et réaliste pour permettre l'évaluation des impacts du projet.

Tableau 4.1 : Séquence d'exploitation proposée pour le LET de la RMRLSJ

Séquence d'exploitation du LET du Lac-St-Jean												
Année	Enfouissement des matières résiduelles			Séquence d'ouverture des CET: Superficie aménagée et volume disponible						Séquences de recouvrement final		
	Tonnage annuel de MR t,m,	Volume annuel de MR m ³	Volume cumulé m ³	Ouverture des CET	Superficie construite ha	Superficie cumulative construite ha	Superficie avec déchets ha	Volume exploitable ajouté m ³	volume exploitable cumulé m ³	Superficie annuelle fermée ha	Superficie totale fermée ha	Superficie totale opération ha
2014	50 000	58 824	58 824	CET 1-2-3	2,81	2,81	1,57	221 609	221 609			
2015	50 000	58 824	117 647			2,81	2,81					
2016	50 000	58 824	176 471	CET 4	1,48	4,30	4,30	226 463	448 072			
2017	50 000	58 824	235 294			4,30	4,30			0,85	0,85	3,45
2018	50 000	58 824	294 118			4,30	4,30				0,85	3,45
2019	50 000	58 824	352 941			4,30	4,30				0,85	3,45
2020	50 000	58 824	411 765	CET 5	1,36	5,66	5,66	240 279	688 351		0,85	4,81
2021	50 000	58 824	470 588			5,66	5,66			0,84	1,69	3,97
2022	50 000	58 824	529 412			5,66	5,66				1,69	3,97
2023	50 000	58 824	588 235	CET 6	1,09	6,75	6,75	290 647	978 998		1,69	5,06
2024	50 000	58 824	647 059			6,75	6,75				1,69	5,06
2025	50 000	58 824	705 882			6,75	6,75				1,69	5,06
2026	50 000	58 824	764 706			6,75	6,75				1,69	5,06
2027	50 000	58 824	823 529	CET 7	1,09	7,84	7,84	211 256	1 190 254		1,69	6,16
2028	50 000	58 824	882 353			7,84	7,84				1,69	6,16
2029	50 000	58 824	941 176			7,84	7,84				1,69	6,16
2030	50 000	58 824	1 000 000			7,84	7,84				1,69	6,16
2031	50 000	58 824	1 058 824			7,84	7,84			0,72	2,41	5,43
2032	50 000	58 824	1 117 647	CET 8	1,09	8,93	8,93	209 380	1 399 634		2,41	6,52
2033	50 000	58 824	1 176 471			8,93	8,93			0,40	2,81	6,12
2034	50 000	58 824	1 235 294			8,93	8,93				2,81	6,12
2035	50 000	58 824	1 294 118	CET 9	1,08	10,01	10,01	215 797	1 615 431		2,81	7,20
2036	50 000	58 824	1 352 941			10,01	10,01			0,96	3,77	6,24
2037	50 000	58 824	1 411 765			10,01	10,01				3,77	6,24
2038	50 000	58 824	1 470 588	CET 10	1,07	11,08	11,08	204 803	1 820 234		3,77	7,32
2039	50 000	58 824	1 529 412			11,08	11,08				3,77	7,32
2040	50 000	58 824	1 588 235			11,08	11,08			1,89	5,66	5,42
2041	50 000	58 824	1 647 059			11,08	11,08				5,66	5,42
2042	50 000	58 824	1 705 882	CET 11	1,07	12,15	12,15	224 185	2 044 419		5,66	6,49
2043	50 000	58 824	1 764 706			12,15	12,15			1,04	6,70	5,46
2044	50 000	58 824	1 823 529			12,15	12,15				6,70	5,46
2045	50 000	58 824	1 882 353	CET 12	1,06	13,22	13,22	188 806	2 233 225		6,70	6,52
2046	50 000	58 824	1 941 176			13,22	13,22				6,70	6,52
2047	50 000	58 824	2 000 000			13,22	13,22			1,05	7,75	5,47
2048	50 000	58 824	2 058 824	CET 13	1,24	14,45	14,45	266 775	2 500 000		7,75	6,70
2049	50 000	58 824	2 117 647			14,45	14,45				7,75	6,70
2050	50 000	58 824	2 176 471			14,45	14,45			1,13	8,88	5,57
2051	50 000	58 824	2 235 294			14,45	14,45				8,88	5,57
2052	50 000	58 824	2 294 118			14,45	14,45				8,88	5,57
2053	50 000	58 824	2 352 941			14,45	14,45				8,88	5,57
2054	50 000	58 824	2 411 765			14,45	14,45			1,09	9,97	4,48
2055	50 000	58 824	2 470 588			14,45	14,45			0,78	10,75	3,70
2056	25 000	29 412	2 500 000			14,45	14,45			1,25	12,00	2,45
2057						14,45	14,45			2,45	14,45	0,00
	2 125 000	2 500 000						2 500 000		14,45		

5. DESCRIPTION DES COMPOSANTES TECHNIQUES DU LET

5.1 Contraintes géotechniques

La nature et la faible épaisseur de dépôts meubles qui seront présents sous le système d'imperméabilisation du LET limitent considérablement les risques de tassements différentiels importants. Les pentes minimales imposées par le REIMR ont par conséquent été considérées pour les conduites du système de collecte et d'évacuation du lixiviat (0,5 %) et le système de drainage du lixiviat (2 %). Cependant, lors de la conception finale de ces ouvrages, des modifications mineures pourront être effectuées si requis de façon à garantir l'intégrité à long terme du système d'imperméabilisation.

5.2 Système d'imperméabilisation

La géologie du site avec l'absence d'une couche naturelle de dépôt meuble de faible conductivité hydraulique impose par réglementation la mise en place d'un système d'imperméabilisation à double niveau de protection.

Conformément aux exigences du REIMR et en considérant les modifications qui y sont proposées par le Ministère avec le projet de Règlement modifiant le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles et le Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles, le niveau d'assise du LET a défini sur la base des critères suivants, en fonction des conditions géologiques et hydrogéologiques spécifiques au site :

- la base du niveau inférieur d'un système d'imperméabilisation à double niveau de protection d'un LET doit être située au-dessus du niveau des eaux souterraines;
- l'exigence sur la distance minimale de 1,5 m à maintenir entre la base du système d'imperméabilisation du LET et le roc sera abolie à la suite de l'adoption du règlement modifiant le REIMR.

Afin de confiner adéquatement les matières résiduelles et de les isoler du milieu environnant, un système d'imperméabilisation à double niveau de protection, construit par l'entremise de matériaux naturels et géosynthétiques, sera installé au fond et sur les

parois des cellules d'enfouissement. Ce système d'imperméabilisation se compose, du haut vers le bas, des éléments suivants :

- Une couche de drainage et de protection constituée de 500 mm d'épaisseur d'un matériau granulaire possédant une conductivité hydraulique minimale de 1×10^{-2} cm/s. Cette couche de drainage repose sur le revêtement imperméable supérieur dont la surface est orientée vers les drains selon une pente minimale de 2 %.
- Un réseau primaire de collecte et d'évacuation du lixiviat constitué de drains perforés en PeHD d'un diamètre minimum de 150 mm installés dans la couche de drainage.
- Un revêtement imperméable supérieur constitué d'un géotextile de protection et d'une géomembrane lisse en PeHD de 1,5 mm d'épaisseur. Le géotextile vise à protéger la géomembrane des aspérités du matériau granulaire constituant la couche de drainage.
- Un système secondaire de collecte et d'évacuation du lixiviat (détection de fuites) constitué d'un géofilet de drainage en PeHD d'une épaisseur minimale de 5 mm posé directement entre les revêtements imperméables inférieur et supérieur. Cette couche de drainage géosynthétique assure la détection et la récupération des infiltrations potentielles de lixiviat à travers le revêtement imperméable supérieur.
- Un revêtement imperméable inférieur composite constitué d'une géomembrane en PeHD de 1,5 mm d'épaisseur associée à un géocomposite bentonitique de 6 mm d'épaisseur et présentant une conductivité hydraulique inférieure à 5×10^{-9} cm/s.

L'utilisation d'une membrane d'argile synthétique, communément appelée natte bentonitique ou géocomposite bentonitique, a été retenue pour la conception du système d'imperméabilisation à titre d'équivalence par rapport à la couche d'argile de 60 cm d'épaisseur ($k = 1 \times 10^{-7}$ cm/s) prescrite au REIMR. L'équivalence de ce type de membrane géosynthétique, constituée d'une couche de bentonite emprisonnée entre deux géotextiles, est reconnue par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), puisque son utilisation en alternative à l'argile a été éprouvée dans de nombreux LET du Québec et d'ailleurs. De plus, son utilisation permet de limiter considérablement l'épaisseur du système d'imperméabilisation tout en facilitant le contrôle qualitatif au chantier.

De la même façon, un géofilet de drainage est proposé en équivalence pour la couche de captage secondaire. Ce géofilet, d'une épaisseur minimale de 5 mm, offrira une transmissivité hydraulique égale ou supérieure à celle de la couche granulaire imposée à l'article 26 du REIMR, tel que démontré à l'annexe B.

La base du système d'imperméabilisation sera aménagée sur une assise de sable ou de gravier fin d'au moins 150 mm d'épaisseur débarrassé de toute particule d'un diamètre supérieur à 25 mm. Cette couche sera constituée du sol en place ou d'un banc d'emprunt local.

5.3 Systèmes de collecte et de gestion du lixiviat

La configuration du système de collecte et d'évacuation du lixiviat pour les 13 CET qui constitueront progressivement le LET de la RMRLSJ est présentée au plan 2.

5.3.1 Système primaire de collecte et d'évacuation du lixiviat

Le système primaire de collecte et d'évacuation du lixiviat est localisé directement sur le revêtement imperméable supérieur. Le but de ce système primaire est d'évacuer le plus rapidement possible le lixiviat qui percole à travers les matières résiduelles pour rejoindre la couche de drainage des CET de façon à limiter la charge hydraulique imposée au revêtement imperméable supérieur.

Dans le cas d'un LET nécessitant un double niveau de protection, le REIMR exige de maintenir en tout temps une charge hydraulique inférieure à 300 mm sur le revêtement imperméable, excepté à l'emplacement des systèmes de pompage. Les paramètres qui influencent la conception du système primaire de collecte et d'évacuation du lixiviat sont :

- le débit de lixiviat qui s'infiltré dans la couche de drainage;
- l'épaisseur et la conductivité hydraulique de la couche de drainage;
- la configuration générale du système de collecte incluant :
 - la distance maximale de drainage;
 - la pente du revêtement imperméable vers les conduites perforées de collecte.

Le profil du système d'imperméabilisation du LET de la RMRLSJ a été développé afin de respecter l'ensemble des contraintes géotechniques et hydrogéologiques prescrites par le REIMR.

Afin d'optimiser le volume d'enfouissement, le système d'imperméabilisation présente un profil d'assise variable s'ajustant à la topographie du terrain tout en respectant une pente minimale de 2 % vers les collecteurs principaux de lixiviat et de 0,5 % pour les conduites de collecte dont chaque cellule est pourvue (plans 2 et 4).

De façon générale, le système primaire de collecte et d'évacuation du lixiviat est constitué de conduites collectrices de cellules et d'un collecteur principal. Les conduites collectrices de cellules qui sont faites de PeHD perforé possèdent un diamètre minimal de 150 mm. Elles sont installées de façon longitudinale au point bas de chacune des CET selon une pente minimale de 0,5 %, assurant ainsi un drainage efficace du lixiviat jusqu'au collecteur principal.

Ce dernier est également construit à partir d'une conduite perforée en PeHD, mais d'un diamètre minimal de 200 mm. Dans le cas du LET de la RMRLSJ, le collecteur principal est installé plus ou moins au centre des CET de façon à s'harmoniser le plus possible à la topographie du terrain et ainsi, à celle du roc qui se retrouve à faible profondeur et en surface par endroits.

L'analyse structurale des conduites est présentée à l'annexe C. Le collecteur principal de lixiviat converge vers un seul poste de pompage aménagé au point bas de l'ensemble du LET proposé.

Tel que mentionné précédemment, la faible épaisseur de dépôts meubles sus-jacente au roc permet d'assumer que les tassements différentiels causés par la masse de matières résiduelles seront marginaux. Ces tassements ont donc été négligés dans le cadre de la présente étude technique. Toutefois, lors de la préparation de la demande de certificat d'autorisation et des plans de construction de chacune des cellules d'enfouissement du LET, une conception finale plus détaillée sera réalisée pour s'assurer de respecter toutes les pentes minimales requises après tassement.

La distance maximale de drainage dans le cadre du présent projet sera de 50 m afin d'ajuster la superficie des CET au tonnage annuel de matières résiduelles. L'utilisation de CET de superficie moindre permet de réduire la production de lixiviat au cours de la première année d'exploitation suivant leur ouverture. Une couche drainante, d'une épaisseur de 50 cm, constituée d'un matériau granulaire possédant une conductivité hydraulique minimale de 1×10^{-2} cm/s, sera mise en place afin d'assurer une évacuation rapide des eaux de lixiviation percolant jusqu'à la base du LET. Les calculs relatifs à la performance de la couche drainante sont présentés à l'annexe D.

Cependant, l'utilisation d'une pierre nette d'une conductivité hydraulique de l'ordre de 0,1 cm/s est proposée pour la couche de drainage du LET de la RMRLSJ. Dans ces conditions, les simulations réalisées à l'aide du logiciel HELP (*Hydrologic Evaluation of Landfill Performance*, Schroeder et al., 1997) montrent que le système

d'imperméabilisation et de collecte du lixiviat est hautement sécuritaire. Ce modèle mathématique permet de simuler l'hydrologie d'un LET en fonction des données climatiques locales telles que les précipitations, la température, l'évapotranspiration et des paramètres de conception proposés pour le même LET (épaisseur, fonction et propriétés physiques des différentes couches). Le modèle utilise une solution technique qui tient compte des effets du stockage de surface, de l'infiltration, de la percolation, de l'évapotranspiration, de la capacité de rétention des matières résiduelles et du drainage latéral des eaux de lixiviation.

En effet, la simulation hydrologique (annexe E) réalisée pour le cas le plus critique en terme de collecte du lixiviat, soit lors de la mise en place de la première levée de matières résiduelles sur environ 3,0 m d'épaisseur, montre que le système de collecte et d'évacuation du lixiviat proposé permettra de limiter la charge hydraulique journalière maximale sur le revêtement imperméable supérieur du système d'imperméabilisation à environ 82 mm, soit près de 3 fois inférieure à l'exigence de 300 mm du REIMR. La charge hydraulique moyenne sur le revêtement supérieur au cours de la première année d'exploitation d'une cellule nouvellement construite sera d'environ 3,4 mm. Elle diminue par la suite avec le tamponnement accru des évènements pluvieux par l'épaisseur de plus en plus élevée de matières résiduelles.

5.3.2 Système secondaire de collecte du lixiviat

Un système secondaire de collecte et d'évacuation du lixiviat est aménagé entre les deux niveaux d'imperméabilisation conformément aux prescriptions du REIMR. Ce système secondaire agit à titre de système de détection de fuite pour le revêtement supérieur tout en assurant un niveau complémentaire pour la collecte et l'évacuation du lixiviat.

Ce système est composé d'un géofilet de drainage rencontrant une transmissivité conforme aux exigences du REIMR. De plus, des couches supplémentaires de géofilet, deux ou trois, pourront être utilisées pour éviter la mise en place de drains secondaires entre les deux niveaux d'imperméabilisation à l'intérieur des cellules d'enfouissement, sous les drains du système primaire. Cette solution a l'avantage de permettre de véhiculer le débit anticipé et facilite grandement la construction tout en réduisant les risques de perforation du revêtement imperméable inférieur pouvant être causés par la mise en place d'un drain entouré de pierres nettes.

Le lixiviat intercepté par le système secondaire est dirigé vers un drain collecteur secondaire indépendant constitué d'une conduite perforée en PeHD de 150 mm de diamètre, installée entre les deux niveaux d'imperméabilisation, sous le drain collecteur principal du système primaire de collecte du lixiviat (détail 2, plan 5). Les eaux de lixiviation ainsi captées sont également dirigées au poste de pompage du LET où elles font toutefois l'objet d'une mesure du débit indépendante afin d'établir la performance globale du système d'imperméabilisation.

Les mesures de débits des systèmes primaire et secondaire de collecte du lixiviat sont généralement effectuées à l'aide de débitmètres magnétiques installés sur les pompes dédiées à chacun. Ils sont sélectionnés en fonction de la capacité requise quotidiennement et des conditions hydrodynamiques. Cependant, le type de débitmètre sera défini lors de la conception finale en raison de l'évolution de la technologie dans ce domaine.

5.3.3 Accès de nettoyage

Afin de maintenir l'efficacité du réseau de collecte des eaux de lixiviation, des conduites de nettoyage seront aménagées à l'extrémité de chacune des conduites de collecte de lixiviat. Le nettoyage des conduites et des drains s'effectuera au besoin. De plus, la localisation des collecteurs principaux (primaire et secondaire) de lixiviat près du centre des CET oblige l'ajout d'accès de nettoyage supplémentaire spécifique à ces ouvrages.

Un accès de nettoyage type est présenté au détail 4 du plan 5 et détail 8 du plan 6.

5.3.4 Postes de pompage

Les eaux de lixiviation collectées sont dirigées vers la station de pompage SPL-1 qui sera construite au point bas des cellules d'enfouissement lors de la première phase d'aménagement du LET. La localisation de la station de pompage est montrée au plan 2 tandis que le plan 8 montre les détails typiques de ce type de station de pompage.

La station de pompage possèdera deux pompes dédiées au système primaire de collecte et d'évacuation où une redondance est nécessaire. Une seule pompe desservira le système secondaire. Les pompes sélectionnées seront adaptées à la

composition du lixiviat et aux débits de pointe anticipés. Une conduite en PeHD d'environ 150 mm de diamètre permettra le refoulement du lixiviat jusqu'au bassin d'accumulation.

Le plan 7 illustre sur les détails 11A, 11B et 11C le concept général du poste de pompage proposé. Il est à noter que la conception finale du poste et du puits de pompage pourra être différente par rapport à celle montrée sur les plans. Les détails seront présentés lors de la demande de certificat d'autorisation. À titre indicatif, le poste de pompage proposé serait constitué de puits inclinés pour éviter toute traverse du système d'imperméabilisation. Les pompes sélectionnées seront adaptées à la composition du lixiviat et aux débits de pointe anticipés.

5.3.5 Émissaire

Les eaux traitées issues de la filière de traitement seront acheminées au réseau hydrique naturel par l'entremise d'une conduite faite de PeHD à partir de la station de pompage SPT-3. Le point de rejet à l'émissaire proposé apparaît sur le plan 1 de l'annexe I.

5.4 **Recouvrement final**

Le REIMR impose la mise en place d'un recouvrement final lorsque le niveau final des matières résiduelles est atteint et dès que les conditions climatiques le permettent. La fermeture du site s'effectuera donc de façon progressive pendant l'exploitation du LET. La mise en place d'un recouvrement final permet de réduire considérablement l'infiltration des eaux de précipitation et, par conséquent, de limiter la production de lixiviat au niveau des secteurs où l'enfouissement est complété. Ce recouvrement final imperméable est un élément essentiel pour le contrôle des eaux de lixiviation et des émissions de biogaz.

Les coupes typiques du recouvrement final proposé pour les talus périphériques et le toit du LET sont illustrées aux détails 6A et 6B du plan 5. En respect des exigences de l'article 50 du REIMR, il est composé des éléments suivants, du haut vers le bas :

- un couvert de végétation herbacée;
- une couche de terre végétale d'une épaisseur minimale de 150 mm favorable à la croissance de la végétation;

- un géotextile de séparation uniquement à l'intérieur des talus périphériques pour éliminer la migration de la terre végétale vers la couche drainante (optionnel);
- une couche de sable ou autre matériau granulaire d'une épaisseur minimale de 450 mm pour permettre le drainage des eaux et assurer la protection du revêtement imperméable sous-jacent;
- un revêtement imperméable constitué soit d'une géomembrane en PeHD ou PeBD de 1,0 mm d'épaisseur, texturé pour les talus périphérique et lisse pour le toit ou 450 mm de matériau ayant une perméabilité minimale de 1×10^{-5} cm/s;
- une couche de captage du biogaz et d'assise pour le revêtement imperméable constituée d'une épaisseur minimale de 300 mm de sable de drainage ayant une conductivité hydraulique minimale de 1×10^{-3} cm/s.

Pour améliorer la stabilité des talus périphériques, un réseau de drains perforés ou autre mode de drainage (géofilet, géodrain, etc.) sera aménagé, si requis, à l'intérieur de la couche de drainage sus-jacente au revêtement imperméable afin d'éviter la création de pressions interstitielles. Ces pressions d'eau peuvent induire une déstabilisation des matériaux granulaires et provoquer leur glissement sur le revêtement imperméable. Ces drains seront raccordés au fossé périphérique ceinturant le LET pour permettre une évacuation efficace des eaux interceptées.

Dans le même objectif de stabilité, un réseau d'évacuation du biogaz pourrait également être aménagé dans la couche de captage des biogaz au niveau des talus périphériques pour éviter le développement d'une pression trop élevée qui induirait un soulèvement de la géomembrane, créant ainsi une déstabilisation des sols sus-jacents. Ce réseau d'évacuation sera constitué de drains perforés de faible diamètre et/ou d'un matériau géosynthétique de drainage qui seront raccordés au système actif de collecte du biogaz du LET.

Le plan 3 montre le profil final proposé pour le LET après la mise en place du recouvrement final. Par rapport au chemin d'accès ceinturant l'aire d'enfouissement (élévation secteur sud-est : 195,5 m), le LET montrera une surélévation maximale d'environ 33,4 m. L'élévation maximale du site après la mise en place du recouvrement final sera donc de 229,12 m dans le secteur sud-est et de 224,4 m dans le secteur nord-ouest.

Il est à noter que des analyses d'érosion devront être réalisées lors de la conception finale du couvert. Si requis, des dispositifs de contrôle de l'érosion seront mis en place, tels que paliers intermédiaires pour dévier l'eau de ruissellement sur les talus

périphériques, etc. Ces détails seront précisés lors de la demande de certificat d'autorisation pour les travaux de recouvrement final.

5.5 Gestion des eaux de ruissellement

Divers éléments seront mis à contribution pour éviter que les eaux de ruissellement ne viennent en contact avec les matières résiduelles conformément aux exigences du REIMR.

Dans un premier temps, un réseau de fossé de drainage sera aménagé progressivement sur le périmètre de l'aire d'enfouissement en parallèle avec la construction des CET (plan 2). Ces fossés permettront de collecter et d'évacuer hors du site, vers le milieu hydrique local, les eaux de ruissellement non contaminées qui ne sont pas entrées en contact avec les matières résiduelles. Les émissaires du réseau de fossés au milieu hydrique sont montrés au plan 2.

Au niveau du LET, les eaux de précipitation recueillies sur une cellule d'enfouissement récemment construite, mais qui n'est pas encore exploitée, pourront être évacuées par pompage ou drainage gravitaire vers le fossé ceinturant le LET.

Au niveau du recouvrement final, une berme d'interception des eaux de ruissellement sera installée en tête de talus pour éviter le ruissellement d'un volume important d'eau sur les talus en période de fonte ou de fortes pluies, le tout dans l'objectif d'éviter une érosion excessive des sols en place. Les eaux seront dirigées vers des canalisations ou dalots installés dans le recouvrement final pour les faire cheminer du toit du LET jusqu'au fossé périphérique.

Le suivi de la qualité des eaux de surface sera réalisé dans le cadre du programme de suivi environnemental à partir de points d'échantillonnage localisés sur chacun des fossés qui sort de la zone tampon.

6. TRAITEMENT DES EAUX DE LIXIVIATION

6.1 Généralités

Sans être exhaustive, la présente section vise à donner les principales exigences du REIMR applicables au contexte du site à l'étude. Cela permet de définir le cadre dans lequel a été élaboré le projet proposé.

6.2 Système de traitement des eaux de lixiviation

Le système de traitement des eaux de lixiviation sera aménagé dans l'espace disponible à l'extrémité sud-est des CET. Les infrastructures de traitement respectent les exigences de localisation énumérées à la section 2.2.

Jusqu'à présent au Québec, la réglementation relative au traitement des eaux de lixiviation requiert la réduction de la concentration de plusieurs paramètres avant le rejet des eaux traitées au réseau hydrographique. Plus particulièrement, sept paramètres clés énumérés à l'article 53 du REIMR doivent être analysés hebdomadairement lors des périodes de rejet. Parmi ces paramètres, deux de ceux-ci nécessitent une attention plus particulière de par leur forte concentration au sein des eaux de lixiviation et de leur impact sur le milieu. Il s'agit des charges organique et azotée. L'atteinte des objectifs de traitement de ces deux paramètres garantit presque à coup sûr l'atteinte des objectifs des autres paramètres de l'article 53. Ces deux paramètres orientent définitivement toute la conception du traitement des eaux de lixiviation, alors que la charge azotée contraint l'opération des stations de traitement des lixiviats à la période estivale, l'eau à traiter devant présenter une température minimale.

Au Québec, quelques technologies se sont avérées efficaces pour le traitement des eaux de lixiviation de matières résiduelles municipales. Le traitement de la charge organique peut être réalisé à toute période de l'année, alors que le traitement de la charge azotée sera réalisé en période chaude et subséquentement au traitement de la charge organique. Parmi les technologies éprouvées sur le territoire québécois, notons le réacteur biologique séquentiel (RBS), le réacteur biologique facultatif suivi du réacteur biologique sur supports fluidisés (RBSF), ainsi que le réacteur biologique facultatif suivi du lit de polissage sur tourbe.

Les LET de Saint-Alphonse, de Saint-Flavien et de EBI traitent présentement les eaux de lixiviation à l'aide de la technologie réacteur biologique facultatif suivi du réacteur biologique sur supports fluidisés, alors que les LET de Ragueneau, Saint-Étienne-des-Grès, Champlain et de Waste Management de Sainte-Sophie utilisent la technologie du RBS. Les LET de l'Ascension et de Saint-Lambert utilisent, pour leur part, la technologie réacteur biologique facultatif suivi du lit de polissage sur tourbe.

Bien que l'une ou l'autre de ces technologies pourrait être utilisée dans le cadre du présent projet, celle du réacteur biologique facultatif suivi du réacteur biologique sur supports fluidisés a été retenue afin d'établir les bases techniques et économiques du projet. D'autant plus que l'expérience a démontré une très grande efficacité de traitement de ce système.

Par contre, le choix final de la technologie de traitement sera effectué lors de la demande de certificat d'autorisation du projet. Le traitement des eaux usées et des eaux de lixiviation est en constant développement et les technologies disponibles s'améliorent tandis que des nouvelles émergent. Le traitement final du lixiviat pourra considérer les ou une combinaison des technologies citées précédemment, ainsi que toutes nouvelles technologies ayant démontré clairement son application pour les eaux de lixiviation.

6.2.1 Généralités

Le présent chapitre présente les hypothèses et calculs qui ont mené à la définition de la chaîne de traitement des eaux de lixiviation. Sommairement, cette chaîne de traitement serait constituée des éléments principaux suivants :

- un bassin d'accumulation permettant l'entreposage temporaire des lixiviats produits par temps froid et un traitement anaérobie;
- un bassin aéré complètement mélangé permettant un traitement aérobie;
- un décanteur;
- deux réacteurs sur support fluidisé;
- un système de coagulation/floculation;
- un décanteur avec pompe de boue;
- un système de réduction des coliformes par injection de peroxyde d'hydrogène.

Ces ouvrages de traitement sont complétés par trois stations de pompage. La station de pompage SPL-1, permettant de transférer les lixiviats des CET au bassin d'accumulation ainsi que la station de pompage SPT-1, permettant le transfert du lixiviat du bassin d'accumulation au bassin aéré complètement mélangé et la station de pompage SPT-2 permettant le transfert des eaux traitées jusqu'au cours d'eau récepteur. Ces ouvrages sont associés à un réseau de distribution et de refoulement du lixiviat. Finalement, un déversoir RD-1 complète la filière de traitement. Ces ouvrages sont identifiés sur le plan 2.

6.2.2 Lixiviat généré par le LET

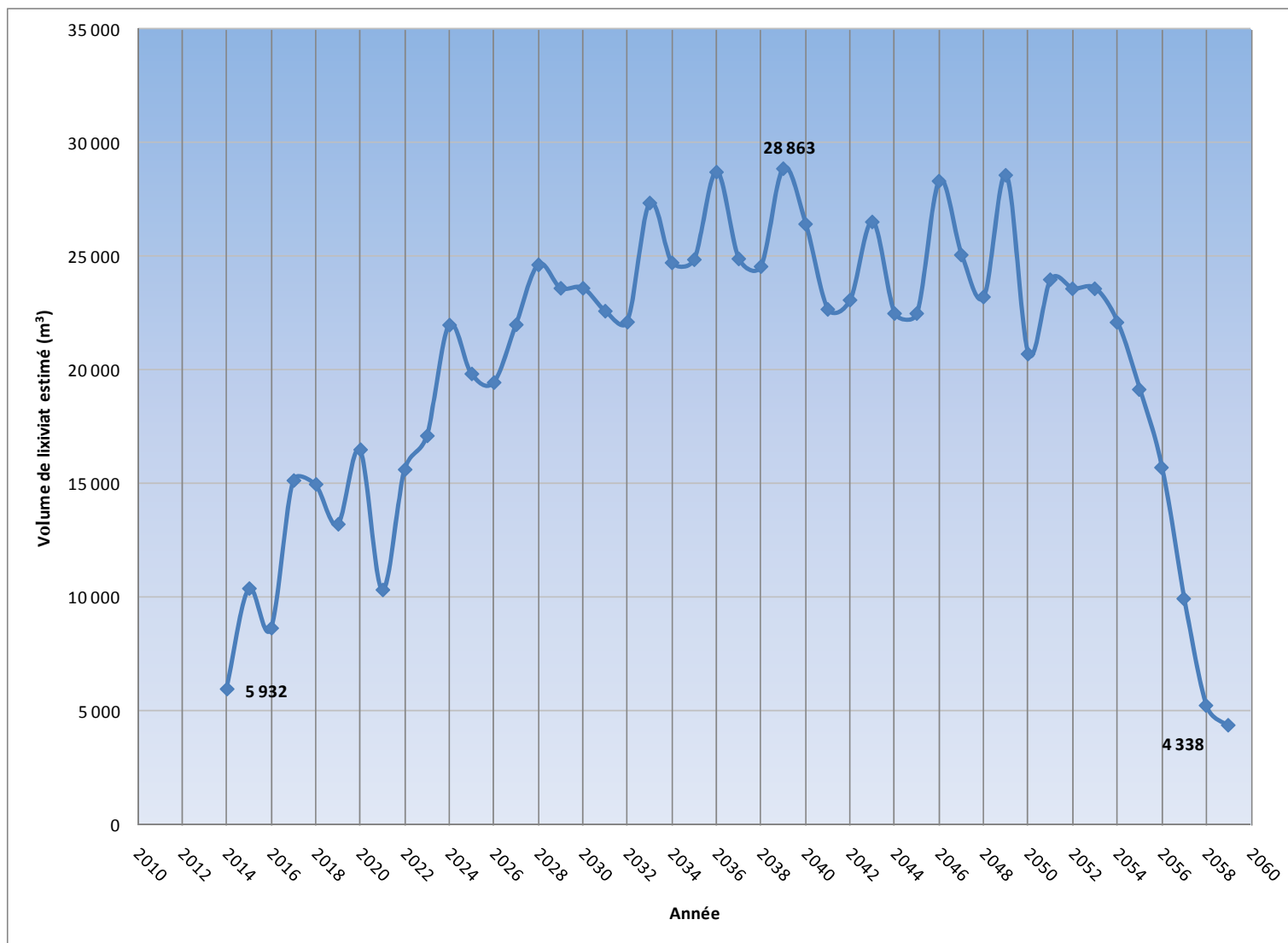
La figure 6.1 illustre la courbe de production de lixiviat estimée pour le projet d'aménagement du LET.

Selon les statistiques météorologiques et l'évolution de l'enfouissement au cours des années, le tableau 6.1 démontre que l'année de production maximale de lixiviat est l'année 2039. Bien que les calculs estiment le volume produit à 28 900 m³ de lixiviat brut, les ouvrages de traitement et de pompage sont conçus de façon sécuritaire en employant les valeurs moyennes de précipitation mensuelle augmentées d'un écart-type. Ainsi, le débit annuel maximum considéré s'élève à 35 825 m³, soit 28 900 m³ de lixiviat brut et 6 925 m³ d'eau de précipitation captée par le bassin d'accumulation. La démonstration de ces valeurs est présentée au tableau 6.4 de la section 6.2.4.

Tableau 6.1 : Débit annuel de lixiviat projeté pour l'aménagement du LET de la RMRLSJ

Année	Volume projeté m ³	Année	Volume projeté m ³
2014	5 932	2037	24 890
2015	10 362	2038	24 551
2016	8 615	2039	28 863
2017	15 121	2040	26 423
2018	14 952	2041	22 663
2019	13 193	2042	23 072
2020	16 479	2043	26 516
2021	10 302	2044	22 481
2022	15 603	2045	22 481
2023	17 090	2046	28 318
2024	21 972	2047	25 063
2025	19 821	2048	23 210
2026	19 439	2049	28 578
2027	21 988	2050	20 696
2028	24 626	2051	23 974
2029	23 594	2052	23 573
2030	23 594	2053	23 573
2031	22 586	2054	22 089
2032	22 105	2055	19 131
2033	27 351	2056	15 692
2034	24 717	2057	9 915
2035	24 854	2058	5 208
2036	28 713	2059	4 338

Figure 6.1 : Production de lixiviat estimée pour le projet d'aménagement du LET de la RMRLSJ



6.2.3 Charges polluantes à traiter

En se basant sur les concentrations moyennes de lixiviats enregistrées sur plusieurs LET au Québec, des concentrations en DBO₅ de 12 000 mg/l et en azote ammoniacal de 500 mg/l sont retenues. Celles-ci demeurent relativement constantes tout au long de la période d'exploitation du LET.

En ce qui a trait aux autres paramètres dont les concentrations sont, soit déjà sous les normes du REIMR ou soit facilement réduites au niveau des objectifs de traitement par la filière proposée, les valeurs typiques sont présentées au tableau 6.2.

Les valeurs de DBO₅, d'azote ammoniacal et celles du tableau 6.2 demeurent cependant théoriques. Au cours des premières années d'exploitation de la station de traitement du lixiviat, le programme de surveillance environnementale permettra de valider plusieurs des hypothèses utilisées et de réévaluer les débits et charges futurs sur la base de données recueillies sur le terrain.

Tableau 6.2 : Composition typique des eaux de lixivation

Paramètres	Unité	Lixiviat jeune (< 2 ans)		Lixiviat mature (>10 ans)
		Variation	Valeur typique	Variation
Nitrate (exprimé en N)	mg/L	0,1-50	25	5-10
Matières en suspension (MeS)	mg/L	200-2000	500	100-400
Phosphore total	mg/L	0,1-50	30	5-10
Sulfates totaux (SO ₄ ⁻²)	mg/L	10-1000	190-300	20-50
Sulfures totaux (exprimé en S ⁻²)	mg/L	0,7-40	9,35	--
Chlorures (exprimé en Cl)	mg/L	3-3000	500-795	100-400
Dureté (CaCO ₃)	mg/L	300-10 000	2175-3500	200-500
Alcalinité (CaCO ₃)	mg/L	1000-10 000	3000-3820	200-1000
Composés phénoliques (Indice phénols)	mg/L	0,04-44	1,3-1,5	--
Cadmium (Cd)	mg/L	0,011-0,165	0,04	--
Chrome (Cr)	mg/L	0,079-1,79	0,33	--
Fer (Fe)	mg/L	50-1200	60-180	20-200
Mercure (Hg)	mg/L	0,2-50	1,21	--
Nickel (Ni)	mg/L	0,02-2,05	0,42	--
Plomb (Pb)	mg/L	0,008-1,02	0,15-0,30	--
Zinc (Zn)	mg/L	0,05-170	4,06	--
pH	mg/L	5,3-8,5	6,0-6,6	6,6-7,5

* Adapté de Tchobanoglous et al., 1993; Transfert environnement, 1993; Christensen, 1992.

6.2.4 Exigences de traitement

Les eaux de lixiviation doivent être épurées de façon à rencontrer les exigences minimales de l'article 53 du REIMR présentées dans le tableau 6.3 suivant.

Tableau 6.3 : Exigences minimales pour les eaux traitées

Paramètres	Résultat journalier	Moyenne mensuelle
Azote ammoniacal (mg/l)	25	10
Coliformes fécaux (U.F.C./100 ml)		1000 ⁽¹⁾
Composés phénoliques (mg/l)	0,085	0,030
Demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO ₅)	150	65
Matières en suspension (mg/l)	90	35
Zinc (mg/l)	0,17	0,07
pH	Supérieur à 6,0, mais inférieur à 9,5	

(1) Cette valeur limite sera établie sur la base d'une moyenne géométrique, les autres valeurs limites étant établies selon une moyenne arithmétique.

De plus, la chaîne de traitement sera conçue, exploitée et améliorée de façon à ce que les eaux rejetées à l'environnement s'approchent le plus possible de la valeur limite des paramètres visés par les objectifs environnementaux de rejet (OER) qui seront définies par la Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSEE) en fonction du cours d'eau récepteur.

6.2.5 Filière de traitement du lixiviat

La filière de traitement des eaux de lixiviation évaluée pour le LET de la RMRLSJ est de type biologique par bassin aéré complètement mélangé avec système de nitrification par réacteurs biologiques sur supports fluidisés suivi de chambres de coagulation, floculation et décantation pour enfin se terminer par la réduction des coliformes par injection de peroxyde d'hydrogène. Pour rencontrer les exigences de rejets imposées pour la DBO_5 et plus particulièrement le NH_4 , le système de traitement ne sera opéré que lorsque la température initiale de l'eau sera supérieure à 12°C, soit approximativement du début juin à la fin octobre (153 jours). En dehors de la période de traitement, le lixiviat sera accumulé dans le bassin d'accumulation.

Cependant, il est possible de procéder au traitement du lixiviat sur toute l'année si les eaux de lixiviation sont chauffées. Pour les fins de la présente, la période de traitement considérée est de 153 jours. Dans le cas où la RMRLSJ décidait d'aménager un système permettant le traitement sur 365 jours, ceci permettrait de réduire la dimension des ouvrages requis en plus de diminuer le débit quotidien d'eaux traitées rejetées à l'effluent.

Ainsi, le tableau 6.4 présente le débit qui sera pompé à la chaîne de traitement en fonction d'une période de traitement de 153 j/an, alors que les charges polluantes retenues sont présentées au tableau 6.5. Pour la conception de la filière de traitement, l'influence des précipitations sur le bassin d'accumulation a été considérée puisqu'elles induisent un accroissement non négligeable du débit à traiter. En effet, pendant la période d'hivernation du système de traitement, l'évaporation est négligeable et toutes les eaux météoriques (neiges et pluies) qui tombent dans le bassin d'accumulation augmentent indirectement le volume d'eau à traiter sur la période d'opération. Par contre, sur la période de traitement, l'influence des précipitations sera négligée puisque l'évaporation induira un bilan négatif selon les données météorologiques locales.

Tableau 6.4 : Débit de pompage du système de traitement des eaux de lixiviation

Mois	Nombre de jour de pompage	Débit de lixiviat produit par le LET (mois moy. + 1 ÉC. T.)	Volume de précipitation au bassin	Débit pompé au bassin aéré	Volume pompé aux bassins aérés	Volume accumulé Accumulation
		m ³ /mois	m ³ /mois	m ³ /jour	m ³ /mois	m ³
Janvier	0	1734	602	0	0	8800
Février	0	1214	470	0	0	10484
Mars	0	2023	565	0	0	13073
Avril	0	6242	586	0	0	19901
Mai	0	2803	742	0	0	23446
Juin	30	2110	776	160	4800	21532
Juillet	31	1503	114	300	9300	13849
Août	31	2023	89	300	9300	6662
Septembre	30	1705	964	200	6000	3331
Octobre	30	2399	696	210	6510	0
Novembre	0	2688	672	0	0	3359
Décembre	0	2457	648	0	0	6464
Total		28901	6924		35910	

Tableau 6.5 : Établissement des paramètres de conception pour la filière de traitement du lixiviat (année 2039)

Années d'exploitation	2039		
Période de traitement	153 d/an		
Débit journalier max.	300 m ³ /j		
Paramètres	Concentration	Charge	
	mg/l	kg/an	kg/d (300m ³ /j)
DBO ₅	12 000	346 800	3 600
DCO	22 250	643 025	6 675
MeS	500	64 970	150
NH ₄	500	64 970	150

De façon générale, la filière de traitement comprend les éléments suivants :

- bassin d'accumulation de 26 500 m³ de capacité utile;
- une station de pompage (SPT-1), à la sortie du bassin d'accumulation permettant la régulation des débits vers le bassin aéré complètement mélangé;
- un bassin aéré complètement mélangé de volume utile de 7 000 m³;
- un regard déversoir RD-1;
- un bassin de décantation de volume utile de 66 m³;
- deux réacteurs biologiques sur lit fluidisé;
- un bassin de coagulation;
- un bassin de floculation;
- un décanteur d'un volume utile d'environ 82 m³;
- un bassin de réduction des coliformes par dosage de peroxyde d'hydrogène;
- une station de pompage SPT-2 refoulant les eaux traitées au cours d'eau récepteur par l'entremise d'une conduite.

La chaîne de traitement est illustrée au plan 2. Les paragraphes qui suivent présentent chaque élément de cette chaîne de traitement.

A) Bassin d'accumulation

La capacité requise pour le bassin d'accumulation a été établie de façon sécuritaire à partir des débits maximaux mensuels de lixiviat produits par le LET (moyenne mensuelle) pour l'année de production maximale de lixiviat, soit l'année 2039. L'année de

production maximale est établie en fonction de la superficie exploitée et non en fonction des statistiques de précipitation qui demeurent les mêmes peu importe l'année d'exploitation.

Le volume d'entreposage requis a par la suite été majoré de 15 % pour tenir compte des boues. Le volume d'emmagasinement a finalement été majoré afin de considérer l'impact des précipitations nettes annuelles sur la superficie établie du bassin d'accumulation.

Le tableau 6.6 présente l'estimation du volume d'emmagasinement requis et la conception du bassin d'accumulation proposé. Le bassin possèdera donc une capacité totale utile de 26 500 m³/an au fil de l'eau pour une superficie totale en tête des digues de 9 130 m². Ainsi, les eaux sont accumulées dans le bassin en période hivernale et selon l'année d'exploitation du LET, la période de traitement et de rejet à l'environnement s'échelonne au maximum sur 153 jours, soit approximativement du début juin au 31 octobre, et ce, pour l'année 2039 d'exploitation.

La hauteur d'eau normale est de 5,0 m pour le maintien d'une revanche de 1,0 m. Le bassin est imperméabilisé à l'aide d'un niveau de protection composite constitué d'une géomembrane PeHD texturée de 1,5 mm d'épaisseur sus-jacente à un géocomposite bentonitique. Un enrochement de pierres 50-100 mm déposé sur un géotextile de 6 mm d'épaisseur assure la protection des composantes du système d'imperméabilisation (détail 15, plan 10). Ce système d'imperméabilisation est conforme aux exigences techniques du REIMR.

Tableau 6.6 : Dimensions du bassin d'accumulation

Paramètres de conception		
Estimation du volume d'accumulation requis		
Volume de lixiviat et précipitation accumulé ($V_L + V_P$)	23 446	m ³
Volume de boues ($V_{BG} = 15\%$ de $V_L + V_P$)	3 517	m ³
Volume disponible pour boue sous les entrée-sortie ($V_{BG \text{ disponible}}$)	1 768	
Volume d'accumulation requis ($V_T = V_L + V_{BG} + V_P + V_{BG \text{ disponible}}$)	28 731	m ³
Caractéristiques du bassin d'accumulation requis		
Hauteur d'eau	5,0	m
Revanche	1,0	m
Pente des digues	3:1	H:V
Longueur au fond	60	m
Largeur au fond	60	m
Longueur en tête de digue	90	m
Largeur en tête de digue	90	m
Superficie en tête de digue	9 130	m ²
Volume total au fil de l'eau	28 362	m ³
Volume utile au fil de l'eau	26 500	m ³
Volume utile disponible à 0,5 sous niveau supérieur du bassin	30 625	m ³

Ce bassin dit « non aéré » a une influence sur le rendement global de la chaîne de traitement puisqu'il s'y produit une digestion anaérobique. Ce rendement du traitement qu'il procure est influencé par la température de l'eau et le temps de résidence de cette eau.

Blakey et al. (1992) a établi une relation permettant d'évaluer le rendement des bassins non aérés qui se présente comme suit :

$$V = Q \ln (1 - \rho \text{DCO}) / K$$

où

V = Volume du bassin d'accumulation (m³)

Q = Débit journalier moyen entrant au bassin d'accumulation (m³/jour)

ρ DCO = Taux d'enlèvement (il est conservateur de considérer le taux d'enlèvement de la DBO₅ équivalent à celui de la DCO)

K = Constante de réaction (jour⁻¹)

$$K = 0,0012 \text{ à } 4^{\circ}\text{C}$$

$$K = 0,0083 \text{ à } 10^{\circ}\text{C}$$

$$K = 0,0317 \text{ à } 25^{\circ}\text{C}$$

V/Q = Temps de rétention moyen « t » (jour)

- $\text{DCO} = 1 - e^{-Kt}$

Les températures moyennes de l'eau qui ont été mesurées dans divers bassins d'accumulation de lixiviat au Québec sont de l'ordre de 5 à 6°C sous le couvert de glace durant l'hiver et de plus de 10°C pour la période de traitement active du lixiviat avec rejet à l'environnement.

Ainsi, de façon sécuritaire, les taux d'enlèvement de la DBO₅ dans le bassin d'accumulation seront calculés à l'aide des constantes de réaction « K » à 4°C et 10°C pour la période hivernale et celle de traitement actif respectivement.

Toujours de façon sécuritaire, les temps de rétention moyens considérés aux fins de calculs sont ceux de l'année 2039. Ils sont évalués à 127 jours pour l'eau séjournant l'hiver et à 72 jours pour l'eau séjournant pendant la période active avec rejet à l'environnement. Les rendements d'enlèvement de la DBO_5 sont ainsi évalués à 20 % pour l'hiver et 45 % pour la période active.

Ces taux d'enlèvement correspondent assez bien aux rendements observés au Québec pour ce type de bassin. Toutefois, pour les fins de la présente étude, un taux d'enlèvement de 40 % sera utilisé pour la période active et la valeur de 20 % pour la période hivernale sera conservée.

B) Station de régulation

La station de pompage SP-1 est construite entre le bassin d'accumulation et le bassin aéré complètement mélangé dans le but de régulariser le débit dirigé vers le bassin aéré, et ce, de façon à abaisser le niveau du bassin d'accumulation jusqu'au radier des conduites interconnectrices pour la période d'accumulation.

Une (1) pompe submersible d'une capacité de 7 l/s est requise pour pouvoir, en plus du volume de lixiviats quotidiens générés, relever les lixiviats et les précipitations accumulées dans le bassin d'accumulation pendant la période inactive du traitement. Le volume d'eau quotidien maximal à transférer, aux conditions ultimes (année 2039) a été évalué à environ 300 mètres cubes.

C) Bassin aéré complètement mélangé

Le bassin aéré complètement mélangé permet l'abaissement, entre autres, des charges polluantes organiques (DBO_5) et d'azote ammoniacal (NH_4). Alors que la concentration de la charge organique connaîtra une baisse continue tout au long du traitement aéré, la réduction de la charge azotée par nitrification n'est vraiment effective qu'à la fin d'un traitement aérobie lorsque le rapport DBO_5 /azote aura atteint une valeur d'ordre inférieur à 2. Cette progression de la nitrification a généralement lieu dans un système équipé de bassins en série. Dans le cas d'un bassin aéré complètement mélangé, il est préférable de considérer de façon sécuritaire qu'aucune nitrification ne se produira. Seule une assimilation de l'azote dans un rapport de 100 DBO_5 pour 5 azote peut être considéré. Et encore, ce rapport d'assimilation est théorique et ne tient pas compte pour le calcul

de la charge azotée de processus biologiques tels que la déamination des acides aminés qui augmente la concentration de l'azote ammoniacal. De façon sécuritaire, aucune réduction de l'azote ammoniacal ne sera considérée dans ce bassin.

La digestion aérobie de la matière organique dans le bassin aéré est réalisée par des bactéries qui nécessitent trois éléments essentiels pour croître, soit :

- la nourriture qui sera sous forme de matières organiques ou DBO_5 ;
- l'oxygène fourni par le système d'aération;
- les éléments nutritifs et, plus particulièrement, l'azote tel que discuté ci-dessus et le phosphore.

Pour les éléments nutritifs, le rapport optimal de DBO_5 : N : P est de 100 : 5 : 1. Or, dans les eaux de lixiviation, le phosphore est généralement déficient, ce qui limite l'efficacité du procédé. L'injection d'acide phosphorique par pompes doseuses permettra l'alimentation en orthophosphate (forme de phosphore assimilable) des bactéries organophiles, et ce, pour le maintien du rapport 100 : 1 entre la DBO_5 et le phosphore. Également, un produit anti-mousse sera ajouté dans le bassin aéré.

Tout comme dans le cas du traitement par bassin non aéré, le rendement du traitement aéré est fonction du temps de séjour (ou débit journalier) et de la température de l'eau dans les bassins.

Les hypothèses de calcul du système de bassins aérés sont présentées au tableau 6.7.

Tableau 6.7 : Hypothèses température et débit journalier

Mois	Année 2039	
	T° eau (°C)	Débit journalier (m ³ /jour)
Juin	16	160
Juillet	24	300
Août	24	300
Septembre	19	200
Octobre	14	210

Réduction de la charge organique (DBO₅)

Le calcul de réduction de la charge organique est réalisé à l'aide du modèle d'Eckenfelder, soit :

$$S_e = \frac{FS_0}{1 + K_T t}$$

Où :

$$K_T = K_{20\text{ }^\circ\text{C}} \theta^{(T-20)}$$

$$K_{20\text{ }^\circ\text{C}} = 0,23 \text{ pour régime de bassin aéré facultatif}$$

$$= 0,83 \text{ pour régime de bassin aéré complètement mélangé}$$

$$\theta = 1,065$$

$$T = \text{Température de l'eau}$$

$$S_e = \text{DBO}_5 \text{ à l'effluent d'un bassin (mg/l)}$$

$$S_0 = \text{DBO}_5 \text{ à l'affluent d'un bassin (mg/l)}$$

$$F = 1,2 \text{ pour régime de bassin aéré facultatif}$$

$$= 1,0 \text{ pour régime de bassin aéré complètement mélangé}$$

$$t = V/Q$$

Où : t = temps de rétention (jour)

V = Volume du bassin (m³)

Q = Débit journalier (m³/jour)

Le traitement aéré sera donc assuré par un bassin aéré complètement mélangé. L'aération dans le bassin est telle que le mélange sera complet (complètement mélangé) d'où l'utilisation de la constante de réaction $K_{20\text{C}} = 0,83 \text{ jour}^{-1}$.

Les résultats globaux anticipés du rendement du système aéré sont présentés au tableau 6.8 suivant. À la lumière des résultats obtenus, il est aisé de constater que la charge organique DBO₅ connaît déjà une forte baisse de concentration.

Tableau 6.8 : Rendement du traitement aéré

			Jun	Juil./août	Sept	Octobre
Débit journalier (m ³ /j)			160	300	200	210
DBO ₅	Effluent	R (%)	96,2 %	96,0 %	96,0 %	94,0 %
	Effluent	mg/l	362	306	281	398
	Effluent	kg/j	56	92	56	84
NH ₄ (1)	Effluent	mg/l	500	500	500	500

Toutefois, on constate que le traitement aéré ne suffit pas à l'atteinte des objectifs de réduction de la DBO₅ et ni de l'azote ammoniacal, d'où la nécessité du traitement par réacteur biologique sur supports fluidisés présenté aux paragraphes suivants.

Le bassin aéré complètement mélangé sera un bassin en sol imperméabilisé à l'aide des mêmes matériaux que ceux prévus pour le bassin d'accumulation, alors que la pierre de protection sera de granulométrie 76-150 mm. Le bassin de décantation sera construit en béton. Un regard déversoir permettra le transfert des eaux de lixiviation du bassin aéré au bassin de décantation.

Tableau 6.9 : Caractéristiques des bassins aérés et de sédimentation

Bassin aéré complètement mélangé

Paramètre	Unité	Octobre	Juil./Août
Constante de réacteur ($K_{20^{\circ}C}$)	--	0.83	0.83
Facteur (F)	--	1	1
[DBO ₅] – affluent	mg/L	7200	7200
[DBO ₅] – effluent	mg/L	398	306
Charge DBO ₅ traitée	kg/j	1428	2068
DIMENSION			
Hauteur d'eau	m	5	5
Pente		1:3	1:3
Largeur	m	48,8	48,8
Longueur	m	55	55
Volume utile	m ³	7000	7000
AÉRATION			
Design aération	kg-O ₂ / kg-DBO ₅	1.5	1.5
SOR	kg-O ₂ / h	146	219
AOR / SOR	--	0,615	0,595
Puissance aérateurs	HP	105	156

Besoins en aération ultime (année 2039)

Les besoins en aération ont été calculés pour les diverses conditions de débit journaliers et de température présentés au tableau 6.7. Les paramètres utilisés pour le transfert d'oxygène figurent au tableau 6.10.

Tableau 6.10 : Paramètres pour calcul d'aération

Paramètre	Valeur conception
Élévation du site	198,0
Alpha	0,75 à 0,90
Beta	0,95
Kg O ₂ /kg DBO ₅ enlevé (aéré facultatif)	2,25
Kg O ₂ /kg DBO ₅ enlevé (complètement mélangé)	1,5
Kg O ₂ /kg NH ₄ enlevé	6,0
Oxygène résiduel (mg/l)	2,0
Hauteur d'eau (m)	5,0
Hauteur d'injection d'air (m)	4,0

Les rapports AOR/SOR calculés à partir de ces paramètres et en fonction de la température sont comme suit :

À T = 14°C	AOR/SOR = 0,615
À T = 16°C	AOR/SOR = 0,609
À T = 19°C	AOR/SOR = 0,602
À T = 24°C	AOR/SOR = 0,595

Aux fins d'évaluation préliminaire de la puissance d'aération, on considère des aérateurs de surface sur flotteur dont les taux de transfert d'oxygène sont d'environ 1,4 kg O₂/heure pour un aérateur de 25 hp avec soufflante régénérative de 5,5 hp.

Bassins de décantation

À la sortie du bassin aéré complètement mélangé, les eaux effluentes transiteront par un regard déversoir suivi d'un décanteur statique avant de poursuivre leur route vers le système de réacteur biologique sur supports fluidisés servant à la réduction de la charge azotée.

Le décanteur interceptera les boues biologiques qui seront produites à l'intérieur du bassin aéré complètement mélangé. Il s'agit d'un décanteur de géométrie carrée à fond conique (pyramide inversée, trémie). La charge hydraulique superficielle retenue est de 0,75 m³/m²-h, ce qui nécessite un décanteur de 4,1 m de largeur par 4,1 m de longueur par 4 m de profondeur pour un débit maximum de 300 m³/jour. La forme conique permet la concentration des boues et facilite l'extraction de ces dernières par l'emploi d'une pompe d'extraction des boues. La pompe de boue utilisée sera la même que celle du décanteur en nitrification.

Ainsi, deux conduites convergeront vers la pompe de boue (conduite du décanteur des boues biologiques et conduite du décanteur des boues de nitrification) et l'extraction des boues des deux décanteurs sera réalisée en alternance contrôlée par deux vannes électriques installées sur chaque conduite d'amenée à la pompe.

Tout comme les boues de nitrification, les boues biologiques seront acheminées à chaque jour au bassin d'accumulation des eaux de lixiviation et à l'intérieur duquel elles se densifieront. La production de boue journalière varie en fonction de la période de l'année et ainsi selon la charge organique traitée et le débit journalier. Théoriquement, en considérant que 0,5 kg de boue (VSS) est produit par 1 kg de DBO₅ dégradé, que 60 % de cette biomasse est dégradée lors de son entreposage et que le compactage en fond de bassin amène les boues à une siccité de 15 %. La quantité moyenne journalière de production s'élevant à 887 kg/jour, le volume de boue accumulé en un an sera d'environ 918 m³, soit environ 25 % du volume réservé à l'entreposage des boues dans le bassin d'accumulation. Une vidange de boue accumulée serait donc prévue aux 2 à 4 ans.

Toutefois, l'expérience acquise concernant l'accumulation de boue suivant des systèmes complètement mélangé a démontré des taux de production et des volumes bien moindres. Le temps entre chaque vidange graviterait plutôt autour de 5 à 7 ans.

L'avenue possible pour ces boues est leur déshydratation conformément à l'article 4 du REIMR et leur enfouissement dans les CET.

D) Procédé biologique de nitrification – réacteur biologique sur supports fluidisés (RBSF)

Le procédé biologique de nitrification évalué est le réacteur biologique sur supports fluidisés. Ce réacteur est un traitement biologique des eaux usées qui a la particularité d'utiliser une biomasse fixée sur un support solide. Le support est continuellement maintenu en mouvement dans le bassin. Le mouvement est assuré par l'injection d'air au fond du bassin. Sur une eau convenablement prétraitée, cette technologie offre la possibilité d'effectuer une nitrification très poussée avec l'utilisation d'un RBSF comportant plusieurs stages de traitement. Dans le premier stage, la DBO₅ affluente des eaux provenant du bassin de décantation sera rapidement biodégradée à des niveaux inférieurs à 65 mg/litre.

Le système RBSF reçoit les eaux en provenance du bassin de décantation et le traitement est réalisé par deux réacteurs. Le procédé permet au média de se déplacer librement dans le réacteur. Des grilles de retenue sont utilisées pour contenir le média dans chaque réacteur. La liqueur mixte passe au travers des grilles de retenue pour aboutir dans les bassins de coagulation et de floculation et est ensuite acheminée dans le bassin de décantation pour l'élimination des matières en suspension MES, métaux et autres de l'effluent traité. Une réduction des coliformes par injection de peroxyde d'hydrogène est réalisée avant le rejet à l'environnement.

Tableau 6.11 : Affluent et effluents du système RBSF

Affluent du système RBSF

Paramètre	Unité	Octobre	Juil./Août
Débit de conception, Q	m ³ /j	200	300
[DBO ₅]	mg/L	398	306
[N-NH ₄]	mg/L	500	500
T	°C	14	24
pH		7	7

Effluent du système RBSF

Paramètre	Unité	Octobre	Juil./Août
[DBO ₅]	mg/L	<65	<65
[N-NH ₄]	mg/L	<10	<10

Les paramètres préliminaires des RBSF sont présentés au tableau suivant.

Tableau 6.12 : Conception du système RBSF

Paramètre	Unité	Juil./Août
RBSF		
Débit de conception, Q_{\max}	m ³ /j	300
Temps de rétention hydraulique (TRH) par stage	h	14
Volume total des 2 stages	m ³	350
Hauteur d'eau	m	4
Largeur	m	5
Longueur	m	8,75
MÉDIA		
Volume total de media par stage	m ³	88
Taux de remplissage moyen	%	50
AÉRATION		
Débit d'air requis	m ³ /min	15
Aération minimale requise pour permettre le brassage efficace du média	m ³ /min	11

E) Bassins de coagulation/floculation

Le bassin de coagulation reçoit les effluents du RBSF. Le mélange dans ce bassin sera assuré par une rampe d'aération sise au fond du bassin. Le bassin de floculation reçoit l'effluent du bassin de coagulation. Le mélange dans ce bassin sera assuré par un mélangeur mécanique à vitesse variable afin d'obtenir le floc le plus stable et de meilleures propriétés de décantation.

Les produits chimiques utilisés sont le sulfate ferrique pour la coagulation et un polymère pour la floculation. Le choix du polymère devra être déterminé en laboratoire par échantillonnage de l'eau sédimentée.

Tous les produits chimiques sont injectés par pompes doseuses spécifiques leur étant attitrées situées dans la chambre de produits chimiques à l'intérieur du bâtiment de service.

F) Bassin de décantation

Le bassin de décantation reçoit les effluents dans des bassins de coagulation et floculation. Le décanteur sera de type gravitaire à fond incliné. Les pentes inclinées du

décanteur permettent de diriger de manière gravitaire vers un puits d'extraction des boues. Du puits, les boues sont pompées par une pompe en puits sec vers le bassin d'accumulation.

G) Désinfection

Afin de s'assurer que les concentrations en bactéries coliformes et fécales dans les eaux traitées seront réduites sous les objectifs visés, un système de désinfection par oxydation chimique au peroxyde d'hydrogène est prévu à la fin de la chaîne de traitement. L'injection du peroxyde d'hydrogène se fera à l'aide d'une pompe doseuse à la sortie de l'unité de décantation. Ce système de désinfection est conçu de manière à ce que le temps de contact soit de plus de 30 minutes au débit de 7,0 litres/s. Les dosages devront être déterminés sur place et analysés en laboratoire.

H) Mesure de débit

Le débit de lixiviat sera mesuré en continu au niveau de la station de pompage SPL-1 refoulant le lixiviat vers le bassin d'accumulation ainsi qu'au niveau des stations de pompage SPT-1 et SPT-2.

7. DESCRIPTION DES OUVRAGES DE CAPTAGE ET DE DESTRUCTION DU BIOGAZ

7.1 Réseau de captage du biogaz du LET

Conformément aux exigences de l'article 32 du REIMR, le LET de la RMRLSJ sera doté d'un système actif performant de collecte du biogaz. Lors de l'exploitation du LET, une gestion efficace du biogaz est primordiale afin de minimiser les impacts sur l'environnement et les nuisances pour la population locale.

Le réseau de captage du biogaz sera constitué des éléments suivants :

- Les tranchées d'extraction horizontales seront installées à des intervalles verticaux variant de 6 m à 8 m. L'espacement horizontal entre les collecteurs sera de 60 m sauf pour l'étage supérieur où l'espacement sera réduit à 50 m afin d'accroître l'efficacité de captage sous le recouvrement final. Un total d'environ 35 tranchées d'extraction est donc prévu, lesquelles seront aménagées au fur et à mesure de l'exploitation des cellules d'enfouissement.
- Les drains de captage du biogaz seront raccordés au réseau principal de collecte ceinturant la masse de matières résiduelles et acheminées vers le système central de captage et d'élimination des biogaz.
- Chaque tranchée de captage sera dotée d'un système de drainage muni d'un réservoir et permettra la vidange du condensat vers la couche de drainage du LET.

La configuration du réseau de captage des biogaz est illustrée sur les plans 12 et 13 disponibles à l'annexe I.

La configuration finale du réseau pourra être ajustée en fonction des contraintes d'exploitation et de construction. Ces modifications n'affecteront aucunement l'efficacité du système de captage de biogaz. De plus, des puits verticaux pourraient être ajoutés au besoin.

Les tranchées de captage comprendront les éléments suivants :

- Des conduites d'amenée non perforées verticales en PeHD d'un minimum de 150 mm de diamètre, reliant la section perforée à la tête de puits.

- Des conduites perforées en PeHD d'un minimum de 150 mm de diamètre à l'intérieur de la masse des matières résiduelles installées dans la partie supérieure de la tranchée de pierre nette servant à l'extraction du biogaz et débutant à une distance maximale de 15 m vers l'intérieur des matières résiduelles.
- Des sections de conduites en PeHD d'un minimum de 150 mm de diamètre installées à l'extrémité de chaque tranchée pour évacuer les liquides présents dans les tranchées en les retournant vers la couche drainante de la barrière imperméable.
- Chaque conduite sera munie d'une tête de puits pourvue d'un système de régulation du débit afin d'optimiser la pression de tirage et le débit du biogaz. De même, chaque tête de puits sera munie de deux ports d'échantillonnage servant à déterminer la pression, le débit, la température et la composition du biogaz. Des détails types d'une tranchée de captage du biogaz sont présentés au plan 14.

Un système de collecteurs principaux sera aménagé afin d'acheminer le biogaz capté par les conduites de récupération en PeHD installées dans les matières résiduelles jusqu'aux installations de pompage de destruction et de valorisation du biogaz (plan 12). Toutes les conduites collectrices seront fabriquées en PeHD assurant ainsi une plus grande flexibilité et durabilité au système. Le diamètre de la tuyauterie sera sélectionné de façon à minimiser la vitesse du gaz et les pertes de charge.

La configuration des collecteurs principaux du biogaz permettra également la collecte du condensat produit à l'intérieur du réseau de captage du biogaz par l'aménagement de trappes à condensat réparties aux points bas le long des collecteurs horizontaux. Les collecteurs horizontaux ceintureront le site avec des pentes de l'ordre de 1 % pour les segments dont la pente est dans la direction du déplacement du biogaz, et de l'ordre de 2 % pour ceux dont la pente est dans la direction opposée au déplacement du biogaz.

Le condensat récupéré sera alors pompé vers le système de collecte du lixiviat. Les collecteurs périphériques principaux seront équipés de vannes d'isolation permettant l'opération optimale du réseau de collecte.

7.2 Station de pompage et de destruction du biogaz

Le biogaz capté sera acheminé vers une station de pompage et de destruction du biogaz. Cette dernière, d'une capacité d'environ 1530 m³/h (900 scfm), sera constituée d'un séparateur de gouttelettes, de soufflantes et d'une torchère à flamme invisible assurant la destruction du biogaz capté. Le système de pompage et de destruction du biogaz sera installé à l'intérieur d'un enclos afin d'en limiter l'accès au personnel autorisé uniquement.

L'opération des équipements de pompage et de destruction du biogaz est assurée par un automate programmable. Celui-ci analyse et ajuste en continu les différents paramètres d'opération. L'automate arrête automatiquement le fonctionnement des équipements si une situation non sécuritaire se développe.

Un système d'acquisition de données permet également l'enregistrement de différents paramètres en continu, dont la température de combustion et le débit de biogaz acheminé à la torchère.

Conformément à l'article 32 du REIMR, la torchère est conçue de manière à assurer une destruction du biogaz à une température minimale de 760°C avec un temps de résidence minimal de 0,3 seconde.

L'efficacité de destruction des composés organiques volatils autres que le méthane est d'au moins 98 % ou la concentration de ces composés dans les gaz de combustion est d'au plus 20 ppmv exprimée sous forme d'hexane, sur une base sèche à 3 % vol. d'oxygène conformément aux exigences réglementaires.

La torchère est constituée d'un brûleur à buses multiples et de volets d'admission d'air installés à la base d'une chambre de combustion cylindrique verticale dont les parois sont recouvertes d'un matériau réfractaire. Elle possède différents équipements de contrôle dont un détecteur de flamme, un système de veilleuse, un anti-retour de flamme, des volets motorisés d'admission d'air et des thermocouples pour la mesure de la température à l'intérieur de la chambre de combustion.

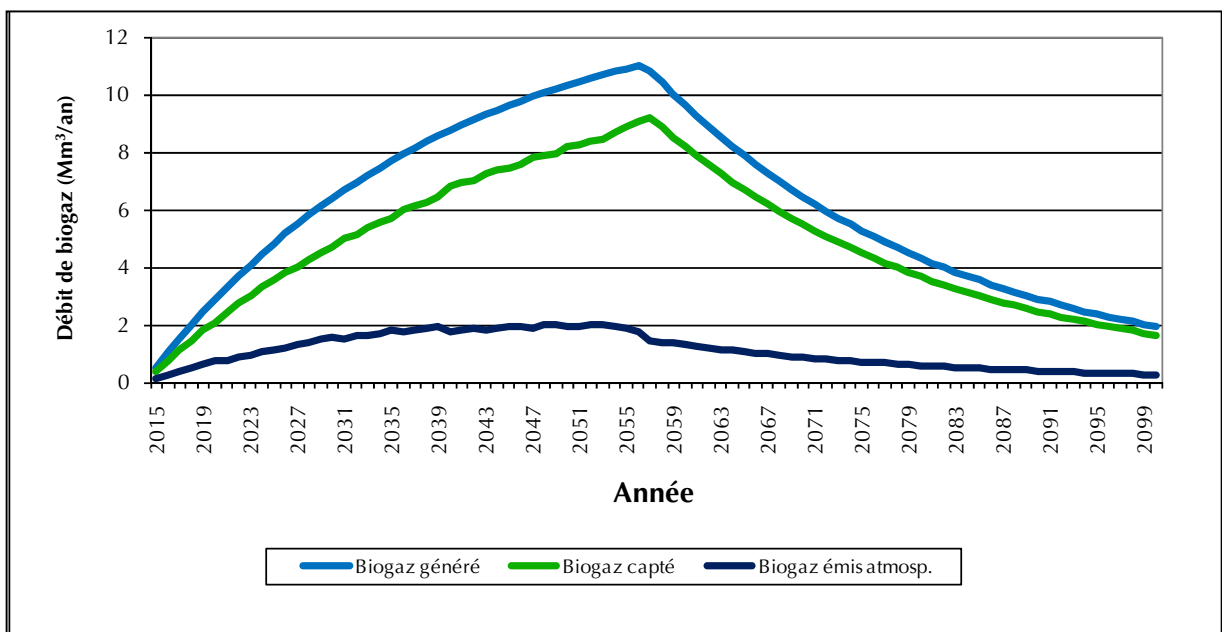
L'automate programmable ajuste automatiquement la température de combustion à l'intérieur de la torchère par la modulation des volets d'admission d'air.

Un coupe-flamme est installé sur la tuyauterie directement à l'entrée de la torchère afin d'empêcher tout retour de flamme dans la tuyauterie vers les équipements de pompage. Un débitmètre est également installé sur la conduite d'alimentation de la torchère pour permettre la mesure et l'enregistrement en continu des débits de biogaz brûlés dans le système d'acquisition de données.

Par ailleurs, des ports d'échantillonnage sont installés au sommet de la chambre de combustion afin de permettre la réalisation de tests de performance de destruction du biogaz.

Selon les estimations de production du biogaz présentées dans l'étude de dispersion atmosphérique, la capacité de la station de pompage et de destruction du biogaz devrait être suffisante pour accommoder les besoins anticipés. En effet, les estimations de production de biogaz indiquent que les débits maximaux de biogaz généré et capté s'élèveront à 1 257 m³/h (740 scfm) et 1 051 m³/h (619 scfm) respectivement. L'estimation de la production du biogaz et des émissions à l'atmosphère est résumée à la figure 7.1.

Figure 7.1 : Génération et captage du biogaz – Projet proposé



8. MODALITÉS OPÉRATIONNELLES DU LET

Le LET de la RMRLSJ sera exploité conformément aux articles 37 à 50 du REIMR. Ces articles couvrent principalement le mode de disposition des matières résiduelles et le recouvrement final. Les mesures de contrôle et de suivi relatives à la gestion du lixiviat, des eaux souterraines et du biogaz seront traitées au chapitre 9 du présent rapport.

Les procédures de contrôle et d'inspection des matières résiduelles, une description des opérations d'enfouissement et des mesures d'entretien préventif des composantes du LET, ainsi que les horaires d'exploitation sont néanmoins présentés dans le présent chapitre.

8.1 Contrôle et inspection des matières résiduelles reçues

L'exploitant d'un LET doit effectuer un contrôle rigoureux des matières résiduelles acheminées vers son site. Pour permettre ce contrôle, le LET sera équipé d'une balance et d'un système de détection de radioactivité à l'entrée conformément à la réglementation. Une ressource qualifiée sera présente au poste de pesée afin de contrôler en permanence l'accès au site pour les divers usagers en plus de valider la provenance et la nature des résidus transportés. Les matières résiduelles jugées non conformes ne sont pas admises au LET.

Un registre complet des matières résiduelles éliminées au LET sera maintenu, consignait l'ensemble des informations suivantes :

- le nom du transporteur ainsi que le numéro de la plaque d'immatriculation du véhicule;
- la nature et la provenance des matières résiduelles ainsi que, dans le cas de boues ou encore de sols ayant fait l'objet d'un traitement de décontamination ou provenant de travaux de réhabilitation d'un terrain, les résultats des analyses ou mesures établissant leur admissibilité;
- les résultats des essais sur la siccité et sur la mesure du liquide libre s'il s'agit de boues et le résultat du test sur la mesure du liquide libre s'il s'agit d'une matière résiduelle susceptible de contenir un liquide libre;
- la provenance des matières résiduelles et, si elles sont issues d'un procédé industriel, le nom du producteur;
- la quantité de matières résiduelles, exprimée kilogrammes;
- la date et l'heure de leur admission.

Les registres d'exploitation annuels seront conservés au LET pendant son exploitation. Après la fermeture du site, la RMRLSJ conservera ces derniers pour une période de cinq ans à compter de la date de la dernière inscription.

Les matières résiduelles déversées au front d'enfouissement seront également inspectées visuellement par l'opérateur du compacteur. Ce ou ces employés recevront également une formation sur les matières admissibles à l'enfouissement. Si des matières résiduelles inacceptables étaient identifiées, la RMRLSJ s'assurera de faire retirer du site les résidus non conformes par la compagnie en cause. Dans le doute, elle pourrait demander des expertises plus poussées afin de vérifier la nature exacte des matières résiduelles problématiques; les matières en doute seraient alors isolées sur le site jusqu'à l'obtention des résultats. Tous les événements seront documentés afin de prendre les procédures nécessaires envers les responsables.

L'utilisation des sols contaminés au LET comme recouvrement journalier ou intermédiaire sera également assujettie à une procédure stricte incluant :

- l'obtention des résultats des analyses chimiques et physiques (granulométrie, conductivité hydraulique) des sols contaminés pour vérification, et ce, avant de les recevoir au LET pour que ces sols respectent les critères prescrits au REIMR;
- la réalisation régulière et sans avertissement d'analyses de contre-vérification sur les sols contaminés acceptés au LET. Dans ce cas, les sols seront entreposés au front d'enfouissement jusqu'à la réception des résultats.

Dans le cas où les sols ne respectent pas les critères exigés au REIMR, le client devra reprendre les sols reçus et les acheminer vers un site de traitement reconnu.

8.2 Opérations d'enfouissement

Les camions admis au LET seront dirigés vers le front journalier de déchargement du secteur en exploitation par l'entremise d'une signalisation adéquate. Pour permettre l'accès vers le front d'enfouissement, des chemins temporaires seront aménagés et relocalisés périodiquement de façon à maintenir sécuritaire la circulation des camions sur le site.

Les matières résiduelles seront déchargées contre le talus formé par les matières résiduelles reçues la journée antérieure. La première couche servira de guide pour la

mise en place des matières résiduelles des autres couches. Dans chaque couche, l'exploitation quotidienne se fera de façon à avoir une longueur minimale nécessaire pour contrôler les opérations, mais tout de même suffisante pour accommoder le déchargement des camions et l'opération de la machinerie.

Au niveau des séquences d'exploitation, les opérations d'enfouissement s'effectueront en progressant selon le séquençage présenté à la section 4. L'exploitation favorisera le plus possible l'élimination des matières résiduelles en surélévation de façon à permettre une mise en place progressive du recouvrement final.

L'exploitation d'une cellule s'effectuera en superficie afin de mettre rapidement une première couche de matières résiduelles sur l'intégralité de la nouvelle cellule d'enfouissement ouverte. Cette première couche favorisera l'absorption et l'évaporation des eaux de précipitation et conséquemment, une diminution de la production de lixiviat. De plus, elle ajoutera une protection supplémentaire au système d'imperméabilisation. Par la suite, l'exploitation de la cellule d'enfouissement s'effectuera en surélévation en progressant du sud vers le nord.

Pour éviter d'endommager le système d'imperméabilisation, la première couche de matières résiduelles, étendue sur une épaisseur d'environ 3 m, ne sera pas compactée.

Pour les couches subséquentes, les matières résiduelles seront déposées au front de déchargement, étendues en couches d'environ 50 cm d'épaisseur et compactées à l'aide d'un compacteur à déchets. Un minimum de trois à cinq passages devront être effectués par le compacteur afin d'obtenir une densité moyenne initiale en place d'environ 750 kg/m³. Les pentes au front de déchargement seront maintenues à un maximum de 30 %. Il est à noter que l'exploitation en surélévation permettra d'atteindre un taux de compaction de 850 kg/m³.

Un recouvrement journalier des matières résiduelles sera effectué conformément à la réglementation en vigueur afin de limiter la propagation d'odeurs, la propagation des incendies, la prolifération d'animaux ou d'insectes et l'envol d'éléments légers.

Compte tenu de la faible excavation possible sur le site, ce recouvrement journalier sera principalement constitué d'un matériau granulaire importé d'un banc d'emprunt local. Néanmoins, si des matériaux excédentaires répondant aux exigences du REIMR sont disponibles lors des travaux d'excavation, ils seront mis en réserve et utilisés pour le recouvrement journalier des matières résiduelles.

Tous les sols utilisés pour le recouvrement journalier des matières résiduelles devront posséder une conductivité hydraulique supérieure à 1×10^{-4} cm/s et moins de 20 % en poids de particules d'un diamètre inférieur à 0,08 mm.

Des matériaux de recouvrement alternatifs, dont l'emploi est déjà autorisé dans d'autres LET, pourraient également être utilisés pour réduire les besoins en sols (toiles synthétiques, *fluff* automobile, résidus de centre de tri de résidus de démolition et construction, etc.). Il est entendu que l'utilisation de matériaux alternatifs devra préalablement être autorisée par le Ministère.

8.3 Entretien préventif des composantes du LET

L'aménagement du LET de la RMRLSJ implique l'installation de systèmes d'imperméabilisation, de collecte et traitement des eaux de lixiviation ainsi que de captage et d'élimination des biogaz. Ces systèmes comportent plusieurs composantes (postes de pompage, drains, conduites de collecte et de refoulement, conduites de collecte du biogaz, soufflantes d'aspiration, puits d'observation, etc.) qui doivent demeurer en bon état de fonctionnement, et ce, durant toute la vie du LET. Dans le but d'assurer l'intégrité des installations, de prévenir tout dommage et de garantir la protection de l'environnement, il est prévu de procéder à l'inspection périodique de toutes les composantes associées à la construction et à l'exploitation du LET.

Annuellement, toutes les conduites de lixiviat installées à l'extérieur de l'aire d'enfouissement seront soumises à un essai d'étanchéité conformément à la réglementation (article 64 du REIMR) et aux recommandations du manufacturier. De plus, les systèmes suivants seront également soumis à des contrôles, travaux d'entretien et nettoyages périodiques :

- le système de collecte du lixiviat du LET (drains perforés, collecteurs);
- le bassin d'accumulation et de prétraitements;
- les stations de pompage du LET;
- les ouvrages et équipements de traitement;
- le réseau de collecte et d'élimination du biogaz incluant, entre autres, les trappes à condensat, les soufflantes et la torchère;
- les puits d'observation pour les eaux souterraines et le biogaz.

Concernant la filière de traitement, la RMRLSJ vérifiera l'étanchéité de tous les bassins associés à l'entreposage et au traitement du lixiviat lors de leur aménagement et par la suite, à tous les trois ans.

Dans le cas du réseau de captage de biogaz, le nettoyage sera effectué en fonction des résultats obtenus à la suite de la calibration du réseau.

Pour ce qui est des puits d'observation des eaux souterraines et des biogaz, une inspection visuelle de ces ouvrages sera effectuée lors de chaque campagne d'échantillonnage pour en valider l'intégrité.

8.4 Machinerie

Pour l'enfouissement des matières résiduelles, la RMRLSJ utilisera un compacteur à déchets adapté pour l'épandage et le compactage des matières résiduelles.

Ce compacteur, en plus d'un chargeur sur roue, devront être maintenus en permanence sur le site pour assurer les opérations d'enfouissement. Il servira au transport et à l'épandage des matériaux de recouvrement journalier.

Le compactage des matières résiduelles sera effectué à l'aide du compacteur pour enfouissement sanitaire de façon à atteindre une masse volumique initiale de 750 kg/m³ ou plus. Le recouvrement journalier des matières résiduelles sera effectué à l'aide du chargeur.

De plus, divers types de machinerie pourront être utilisés périodiquement pour la réalisation de tâches complémentaires aux activités d'enfouissement. Ces machineries effectueront des travaux tels que :

- le transport du matériel de recouvrement journalier (camions);
- la réfection des chemins et fossés (niveleuse, pelle hydraulique, etc.);
- l'entretien des chemins d'accès.

De la machinerie de remplacement sera prévue en cas de bris pour assurer la réalisation des opérations d'enfouissement. Un entretien préventif de la machinerie sera imposé. Si un bris majeur du compacteur perturbe éventuellement les opérations, la RMRLSJ verra à obtenir une machine de remplacement (autre compacteur, boteur) et à adapter la méthodologie d'enfouissement de façon à maintenir une compaction adéquate des matières résiduelles.

Il convient de préciser que tous les équipements opérationnels nécessaires à l'exploitation du LET respecteront la réglementation québécoise en vigueur.

8.5 Horaires d'exploitation

L'horaire d'exploitation suivant est proposé pour le LET de la RMRLSJ sera exploité du lundi au vendredi : de 7 h à 18 h. Ces heures d'ouverture seront clairement indiquées sur une affiche située à l'entrée du site. Toutefois, ces heures d'ouverture pourraient être modifiées afin de répondre aux besoins de la clientèle desservie.

8.6 Accès

Le LET de la RMRLSJ sera accessible par un nouveau chemin construit à partir de l'extrémité sud du rang 9 pour rejoindre l'entrée du site. De plus, la partie existante du rang 9 au sud de la route 170 sera complètement refaite.

9. PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Le programme de surveillance et de suivi environnemental a été développé en fonction des exigences du REIMR. L'emplacement des différents points de contrôle pourra toutefois être modifié pour tenir compte des conditions hydrogéologiques propres au site, à la suite de la réception des recommandations issues des études hydrogéologiques et géotechniques. Ce programme permet de valider l'intégrité des ouvrages d'imperméabilisation et de captage du lixiviat et du biogaz ainsi que le respect des normes réglementaires relatives à la qualité des eaux et de l'air. Le programme touche les aspects suivants :

- les eaux souterraines;
- les eaux de surface;
- les eaux de lixiviation;
- les biogaz;
- l'inspection des infrastructures.

Ce programme pourra être adapté en fonction des mises à jour possibles du REIMR au cours de l'exploitation du LET.

9.1 Durée d'application

Le programme de surveillance et de suivi environnemental sera maintenu durant toute la vie active du LET et après sa fermeture complète, tant et aussi longtemps que le LET sera susceptible de constituer une source de contamination sur la base des exigences du REIMR.

Plus précisément, le programme de surveillance et de suivi environnemental pourra prendre fin après la fermeture définitive du lieu, au moment où l'analyse des résultats analytiques recueillis dans le cadre du suivi environnemental démontrera que les conditions énumérées ci-après sont respectées durant une période minimale de cinq années consécutives. À ce moment, la RMRLSJ pourra demander au Ministre d'être libérée de toute obligation de suivi environnemental ou d'entretien prescrite par le REIMR et ses certificats d'autorisation. Ces conditions édictées au REIMR sont les suivantes :

1. Aucun des paramètres ou substances analysés dans les échantillons de lixiviat ou d'eau prélevés avant traitement n'a excédé les valeurs limites fixées par l'article 53 du REIMR (tableau 9.3).

2. Aucun des paramètres ou substances analysés dans les échantillons d'eaux souterraines n'a contrevenu aux dispositions des articles 57 à 59 du REIMR (tableau 9.2).
3. La concentration du méthane a été mesurée dans les composantes du système de captage des biogaz, à une fréquence d'au moins 4 fois par année et à des intervalles répartis uniformément dans l'année, et toutes les mesures ont indiqué une concentration de méthane inférieure à 1,25 % par volume.

9.2 Méthode d'échantillonnage

La RMRLSJ confiera le mandat de procéder aux analyses à un laboratoire accrédité par le MDDEP, en vertu de l'article 118.6 de la Loi sur la qualité de l'environnement. Il est entendu que tous les échantillons d'eau seront prélevés conformément aux lignes directrices de la version la plus récente du « Guide d'échantillonnage à des fins d'analyse environnementale » publié par le MDDEP et conformément aux règles de l'art. Le prélèvement des échantillons et leur analyse seront effectués en respect des exigences du REIMR, incluant les mises à jour possibles de ce règlement au cours de l'exploitation du LET.

Tous les rapports d'analyses produits par le laboratoire seront conservés pendant au moins cinq ans à compter de la date de leur production.

9.3 Transmission des résultats au MDDEP

Pour chacune des campagnes associées au programme de suivi environnemental au cours d'une année, la RMRLSJ s'assurera que les résultats et les mesures obtenus seront accompagnés :

- d'un rapport décrivant la méthodologie d'échantillonnage (points, localisation, instruments, laboratoire) et;
- d'une confirmation attestant que les prélèvements ont été réalisés en conformité avec le REIMR et les règles de l'art applicables.

Un sommaire de l'ensemble des résultats obtenus et des mesures effectuées dans le cadre du programme de surveillance et de suivi environnemental sera inclus au rapport annuel et transmis au Ministère selon les délais prescrits.

9.3.1 Suivi des eaux

Dans le cas du suivi des eaux souterraines, superficielles et de lixiviation, la RMRLSJ s'engage à transmettre au Ministre, dans un délai de **60 jours** suivant le prélèvement, les résultats analytiques de tous les échantillons prélevés, conformément aux prescriptions de l'article 71 du REIMR. Ce programme est composé de campagnes d'échantillonnage des eaux souterraines, des eaux de surface en plus des eaux de lixiviation. Ces prélèvements effectués en plusieurs points permettent de s'assurer de l'intégrité des ouvrages d'imperméabilisation, en plus de valider le mode opérationnel des techniques autant au niveau de l'enfouissement que de la gestion des eaux.

En cas de non-respect de toute valeur limite prescrite au REIMR, la RMRLSJ en avisera le Ministre dans les **15 jours** suivant celui où elle est informée de la situation en plus de communiquer au Ministre les mesures prises ou qu'elle entend prendre pour remédier à la situation.

9.3.2 Suivi de la qualité de l'air

En regard du programme de suivi de la qualité de l'air, la RMRLSJ transmettra au Ministre, dans les **30 jours** suivant celui où elle en est informée, les résultats des mesures effectuées. Ce programme est composé de campagnes d'échantillonnage en plusieurs points afin de s'assurer que le niveau d'émission de biogaz à l'atmosphère et dans le sol est minimal et répond aux normes, et que le réseau de captage du biogaz est opéré de façon optimale et sécuritaire. Le programme proposé comprend les activités suivantes:

- mesure des concentrations dans le sol;
- mesure des concentrations à l'intérieur des bâtiments situés sur le site;
- mesure des concentrations à la surface des cellules d'enfouissement;
- mesure des concentrations dans les puits d'extraction du biogaz;
- suivi des données d'opération à la station de pompage et d'élimination du biogaz.

Pour chaque activité, le type d'appareil, la fréquence d'échantillonnage, les paramètres mesurés et les points d'échantillonnage utilisés seront indiqués. De plus, conformément aux exigences du règlement, la date, l'heure, la température et la pression barométrique sont notées lors de chaque campagne d'échantillonnage.

9.4 Eaux souterraines

9.4.1 Nombre de puits et localisation

Sur la base des exigences stipulées au REIMR, le nombre de puits que doit comprendre un système de puits d'observation est fonction de la superficie de terrain qu'occupent les zones de dépôt de matières résiduelles ainsi que des conditions géologiques et hydrogéologiques prévalant au site. De plus, compte tenu de la configuration du site, le système de traitement du lixiviat sera localisé à plus de 150 m de l'aire d'élimination et par conséquent, un réseau de puits d'observation spécifique à ces ouvrages est également requis.

La superficie totale du LET sera de 14,45 ha. Selon les exigences définies à l'article 65 du REIMR, un minimum de 5 puits d'observation serait requis pour assurer le suivi de la qualité des eaux souterraines du LET, un puits à l'amont et quatre puits à l'aval sur la base de la carte hydrogéologique du site. Ce réseau de puits d'observation sera maintenu en opération durant la totalité de l'application du programme de surveillance environnementale. Les puits d'observation seront mis en place graduellement avec la construction des cellules d'enfouissement du LET et remplacés au besoin par de nouveaux puits.

Quant au système de traitement des eaux de lixiviation, quatre puits seront nécessaires, soit également un en amont hydraulique et trois en aval.

Le plan 15 montre la localisation approximative proposée pour les puits d'observation. La disposition exacte et la configuration des puits seront déterminées selon les conditions hydrogéologiques et seront précisées dans la demande de certificat d'autorisation.

9.4.2 Mesures de surveillance des eaux souterraines

Trois fois par année, soit au printemps, à l'été et à l'automne, la RMRLSJ procèdera à l'analyse d'un échantillonnage d'eau souterraine prélevée dans chacun des puits d'observation. Les tableaux 9.1 (article 66 du REIMR) et 9.2 (article 57 du REIMR) indiquent les paramètres devant être analysés au cours d'une année.

Cependant, après une période de suivi minimale de deux années complètes de tous les puits d'observation de l'eau souterraine, l'analyse des échantillons prélevés pourra exclure les paramètres, à l'exception des paramètres indicateurs (tableau 9.1), dont la concentration mesurée dans le lixiviat avant traitement a toujours été inférieure aux valeurs limites prescrites par le REIMR. Cette réduction du nombre d'analyses vaudra tant et aussi longtemps que les analyses annuelles du lixiviat brut démontreront que cette exigence est satisfaite. Toutefois, dès le moment où la RMRLSJ notera que l'analyse d'un échantillon montre une fluctuation significative pour un paramètre ou une substance ou un dépassement d'une valeur limite, tous les échantillons prélevés par la suite au point d'échantillonnage en cause feront l'objet d'une analyse complète des paramètres mentionnés au tableau 9.2, et ce, jusqu'à ce que la situation soit corrigée.

De plus, après les deux premières années de suivi, l'analyse des eaux souterraines ne portera que sur les paramètres indicateurs inscrits au tableau 9.1 pour deux des trois campagnes d'échantillonnage annuelles conformément aux dispositions de l'article 66 du REIMR. Une fois l'an, l'analyse des eaux souterraines portera toutefois sur l'ensemble des paramètres présentés aux tableaux 9.1 et 9.2.

Avant l'échantillonnage de tout puits d'observation, le niveau piézométrique des eaux souterraines sera préalablement mesuré.

Le programme de suivi environnemental inclut l'analyse des eaux souterraines à l'amont hydrogéologique de l'aire d'enfouissement et du système de traitement du lixiviat. Cette analyse permet d'obtenir un témoin de la qualité initiale des eaux souterraines afin de s'assurer qu'elles ne subissent aucune détérioration significative à la suite de leur écoulement sous la zone d'enfouissement et l'aire de traitement. Dans le cas où les résultats analytiques révélaient qu'avant même leur migration dans le sol où sont situées les zones de dépôt de matières résiduelles, la qualité des eaux souterraines ne respecte pas les valeurs limites prescrites et résumées au tableau 9.2, la qualité des eaux souterraines ne devra faire l'objet d'aucune détérioration du fait de leur migration dans le sol susmentionné.

Tableau 9.1 : Paramètres indicateurs

Paramètres	Exigences du REIMR	Unité
<i>Paramètres indicateurs (art. 66)</i>		
<i>Échantillonnage trois fois l'an</i>		
Conductivité électrique	--	µohms
Demande biochimique en oxygène DBO ₅	--	mg/L
Demande chimique en oxygène DCO	--	mg/L
Composés phénoliques (Indice phénols)	--	mg/L
Fer	0,3	mg/L

Tableau 9.2 : Paramètres de suivi des eaux souterraines

Paramètres	Exigences du REIMR	Unité
<i>Paramètres eaux souterraines (art. 57)</i>		
<i>Échantillonnage annuel</i>		
Azote ammoniacal (exprimé en N)	1,5	mg/L
Benzène	0,005	mg/L
Bore (B)	5	mg/L
Cadmium (Cd)	0,005	mg/L
Chlorures (exprimé en Cl ⁻)	250	mg/L
Chrome (Cr)	0,05	mg/L
Coliformes fécaux	0	ufc/100 ml
Cyanures totaux (exprimé en CN ⁻)	0,2	mg/L
Éthylbenzène	0,0024	mg/L
Manganèse (Mn)	0,05	mg/L
Mercure (Hg)	0,001	mg/L
Nickel (Ni)	0,02	mg/L
Nitrates + Nitrites (exprimé en N)	10	mg/L
Plomb (Pb)	0,01	mg/L
Sodium (Na)	200	mg/L
Sulfates totaux (SO ₄ ⁻²)	500	mg/L
Sulfures totaux (exprimé en S ⁻²)	0,05	mg/L
Toluène	0,024	mg/L
Xylène (o,m,p)	0,3	mg/L
Zinc (Zn)	5	mg/L

9.5 Eaux de lixiviation et eaux de surface

9.5.1 Mesures de surveillance des eaux rejetées

La RMRLSJ procèdera annuellement au prélèvement d'un échantillon des eaux qui proviennent de chacun des systèmes de captage desservant le LET (système primaire et secondaire du lixiviat) ainsi que de toute eau qui fait résurgence, s'il y a lieu, à l'intérieur du périmètre de contrôle des eaux souterraines. Ces échantillons d'eau seront analysés pour l'ensemble des paramètres prescrits par les tableaux 9.1, 9.2 et 9.3.

Eaux de surface

Dans le cas des eaux de surface, il s'agit d'en vérifier la qualité aux points de sortie de la zone tampon sur la propriété de la RMRLSJ. Le plan 15 montre la localisation des points d'échantillonnage prévus de façon préliminaire pour les eaux de surface.

Au printemps, à l'été et à l'automne, des échantillons seront prélevés pour analyse à la sortie de tous les fossés quittant la zone tampon. Ces échantillons seront analysés pour les paramètres mentionnés au tableau 9.3.

Toutefois, les valeurs limites prescrites à l'article 53 du REIMR et énumérées au tableau 9.3 ne seront pas applicables aux eaux superficielles captées à l'intérieur des limites de la zone tampon ceinturant le LET si l'analyse de ces eaux révèle qu'avant même d'y pénétrer, ces eaux ne respectent pas ces valeurs.

Tout comme pour le suivi de la qualité des eaux souterraines, la RMRLSJ s'assurera que la qualité des eaux superficielles ne fera l'objet d'aucune détérioration lorsqu'elles parviendront à la limite extérieure de la zone tampon, et ce, pour l'ensemble des paramètres ou substances mentionnés au tableau 9.3.

Eaux pluviales

Les eaux de pluie provenant des cellules construites, mais dont l'exploitation n'a pas débuté, pourront être évacuées de la CET vers un fossé périphérique. Pour ce faire, une pompe portative sera temporairement installée au point bas de la cellule ou une conduite de drainage pluviale pourrait être utilisée.

À l'intérieur et autour de l'aire d'enfouissement, les eaux de ruissellement seront interceptées par le réseau de fossés ceinturant le LET. Plus spécifiquement, ces eaux

proviennent, soit du couvert imperméable aménagé sur les cellules d'enfouissement ayant atteint le profil final, soit des différents chemins d'accès.

Les mesures de surveillance sont identiques à celles des eaux de surface énumérées précédemment.

Eaux de lixiviation issues du système de traitement

Une station de traitement du lixiviat sera construite sur le site afin de rencontrer les exigences de rejet du REIMR. Les eaux traitées seront rejetées dans un cours d'eau localisé au nord de l'accès au LET par l'entremise d'une conduite de refoulement installée dans l'accotement du chemin d'accès.

La qualité des eaux à l'effluent de la station de traitement devra respecter les valeurs limites prescrites au REIMR qui dictent les normes de rejet que tout système de captage des eaux ou de traitement doit rencontrer avant un rejet au milieu récepteur.

Durant la période annuelle d'opération de la station de traitement du lixiviat, un échantillonnage hebdomadaire des eaux de lixiviation traitées sera effectué par la RMRLSJ. Ces analyses hebdomadaires porteront sur les sept paramètres prescrits à l'article 53 du REIMR et énumérées au tableau 9.3.

Pour les objectifs environnementaux de rejet (OER) qui seront établis par le MDDEP pour le cours d'eau récepteur en fonction du débit rejeté, la RMRLSJ procèdera à leur analyse trimestriellement à l'effluent de la station de traitement durant la période de traitement. Pour ce faire, un échantillon d'eau à la sortie du système de traitement sera analysé pour tous les paramètres des OER définis par le MDDEP. Pour ces analyses, les méthodes analytiques retenues auront des limites de détection inférieures, lorsque disponibles, desdits OER.

Un système permettant de mesurer et d'enregistrer en continu le débit rejeté au milieu récepteur sera installé à l'émissaire.

De plus, une caractérisation annuelle des eaux de lixiviation brutes dirigées au bassin d'accumulation sera également réalisée conformément à l'article 63 du REIMR. Cette analyse portera sur l'ensemble des paramètres englobés par les tableaux 9.1, 9.2 et 9.3. En plus de permettre un suivi de la qualité du lixiviat, ces données permettront de cibler plus adéquatement les paramètres susceptibles d'avoir un impact sur les eaux

souterraines et d'exclure du programme de suivi environnemental ceux qui ne représentent pas de risques, le tout en respect des prescriptions imposées par le REIMR. L'échantillon pourra être prélevé dans le regard RL-1.

9.5.2 Valeurs limites et objectifs de rejet

Les concepts d'aménagement du système de captage des eaux de lixiviation et des eaux superficielles permettront de contrôler la qualité des eaux recueillies sur l'ensemble du LET et de s'assurer que les eaux rejetées dans l'environnement respectent les valeurs limites prescrites à l'article 53 du REIMR reprises au tableau 9.3 ci-dessous.

Tableau 9.3 : Valeurs limites pour le rejet des eaux à l'environnement

Paramètres	Valeurs limites ⁽²⁾		
	Résultat journalier	Moyenne ⁽¹⁾ mensuelle	Unité
Exigences de rejet (art. 53)			
Azote ammoniacal (exprimé en N)	25	10	mg/L
Coliformes fécaux	275	100	ufc/100 ml
Composés phénoliques	0,085	0,030	mg/L
Demande biochimique en oxygène DBO ₅	150	65	mg/L
Matières en suspension (MES)	90	35	mg/L
Zinc (Zn)	0,17	0,07	mg/L
pH	6,0 <pH < 9,5		

(1) Ces valeurs limites moyennes mensuelles ne s'appliquent qu'aux eaux ou lixiviats rejetés après traitement. Elles sont établies sur la base d'une moyenne arithmétique, exception faite de celles relatives aux coliformes fécaux qui s'établissent sur la base d'une moyenne géométrique.

(2) Valeurs limites : des changements sont à venir sur la base du règlement proposé en mai 2009 pour la modification du REIMR.

Pour le rejet des eaux traitées au milieu récepteur, la RMRLSJ veillera à ce que tout rejet soit effectué en continu afin d'en réduire l'impact sur l'environnement. Aucun rejet en cuvée ne sera réalisé. De plus, exception faite de la dilution causée par les précipitations directes, aucune dilution des eaux captées ne sera favorisée avant leur rejet à l'environnement.

De façon complémentaire, la filière de traitement sera opérée de manière à ce que la qualité des eaux de lixiviation rejetées à l'environnement s'approche le plus possible des objectifs environnementaux de rejet (OER). Ces critères de qualité fixés par le

MDDEP tiennent compte des usages actuels ou potentiels du cours d'eau récepteur et de la protection de la vie aquatique et terrestre.

Ainsi, la Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSEE) établira les objectifs environnementaux de rejet (OER) pour le cours d'eau récepteur en fonction de la localisation de l'émissaire des eaux traitées. Ces OER seront définis en fonction du débit maximal d'eau traitée rejetée, du débit d'étiage estimé pour le cours d'eau récepteur et des Critères de qualité des eaux de surfaces au Québec (MENV, 2001). Ces critères de qualité tiennent compte des usages actuels ou potentiels du cours d'eau récepteur (activités récréatives) et de la protection de la vie aquatique et terrestre.

9.5.3 Sommaire des programmes de suivi des eaux

Le tableau 9.4 présente le sommaire du programme de suivi des eaux adapté au LET de la RMRLSJ en fonction des exigences du REIMR.

Tableau 9.4 : Sommaire des programmes de suivi environnemental de la qualité des eaux

Milieu	Points de contrôle	Fréquence	Paramètres
Eaux souterraines ⁽¹⁾	Zone LET (5): PO-1 à PO-5	1 fois/année Été	Tableau 9-1 (art. 66) Tableau 9-2 (art. 57)
	Système de traitement (4) PO-06 à PO-09	2 fois/année Printemps /automne	Tableau 9-1 (art. 66)
Systèmes de captage des eaux			
Eaux de surface (drainage)	ES-1 à ES-6	1 fois/année Été	Tableau 9-1 (art. 66) Tableau 9-2 (art. 57)
Résurgence	Au besoin		Tableau 9-3 ⁽²⁾ (art. 53)
Eaux de lixiviation brutes	SPL-1A (niveau primaire) SPL-1B (niveau secondaire)		
Traitement du lixiviat		2 fois/année	Tableau 9-3 ⁽²⁾ (art.53)
Effluent d'eau traitée	SPT-3	Printemps/ automne	

(1) Pour une période de deux ans suivant le suivi d'un nouveau puits de surveillance, WM procédera à l'analyse de l'ensemble des paramètres présentés aux tableaux 9.1 et 9.2 trois fois par année (printemps/été/automne).

(2) Ces valeurs limites ne sont pas applicables aux eaux de drainage lorsque les analyses de la qualité de ces eaux, effectuées à l'amont hydraulique du lieu d'enfouissement sanitaire, révèlent qu'avant même leur passage dans ce lieu, ces eaux ne respectent pas lesdites valeurs. Dans ce cas, la qualité de ces eaux ne doit pas, pour les paramètres concernés, faire l'objet d'une détérioration supplémentaire du fait de leur passage dans le lieu

9.6 Biogaz

Le programme de suivi environnemental proposé pour le LET de la RMRLSJ a été développé en fonction des caractéristiques propres du site, conformément aux dispositions du REIMR.

Ce programme est composé de campagnes d'échantillonnage en plusieurs points afin de s'assurer que le niveau d'émission de biogaz à l'atmosphère et dans le sol est minimal et répond aux normes, et que le réseau de captage du biogaz est opéré de façon optimale et sécuritaire. Le programme proposé comprend les activités suivantes:

- échantillonnage dans le sol;
- échantillonnage à l'intérieur des bâtiments situés sur le site;
- échantillonnage à la surface des cellules d'enfouissement;
- échantillonnage aux têtes de puits d'extraction du biogaz;
- suivi des données d'opération à la station de pompage et de traitement du biogaz.

Conformément aux exigences du règlement, le point d'échantillonnage, les paramètres mesurés, le type d'appareil, la date, l'heure, la température et la pression barométrique seront notés lors de chaque campagne d'échantillonnage.

9.6.1 Échantillonnage dans le sol

Les concentrations de méthane seront mesurées dans le sol à une distance maximale de 150 m des zones de dépôt sans excéder la zone tampon, au moins quatre fois par année à intervalles réguliers. Ces mesures permettront de vérifier qu'aucune migration de biogaz ne se produit à l'extérieur des zones de dépôt. Le règlement stipule que les concentrations de méthane ne peuvent être supérieures à 1,25 % vol. ou 25 % de la LIE (limite inférieure d'explosivité).

Avec une aire d'enfouissement qui présentera à terme une superficie de 14,45 ha, un minimum de cinq puits de biogaz devront être aménagés uniformément sur le périmètre du LET.

Les concentrations de méthane dans les puits de surveillance sont déterminées à l'aide d'un analyseur portatif muni d'une pompe pour le prélèvement de l'échantillon et d'un détecteur de type NDIR (*non dispersive infrared*). Les concentrations maximales et stabilisées sont enregistrées.

9.6.2 Échantillonnage de l'air ambiant à l'intérieur des bâtiments

Conformément aux articles 60 et 67 du REIMR, la concentration de méthane dans l'air ambiant à l'intérieur des bâtiments et installations situés sur le terrain du LET, est vérifiée quatre fois par année à intervalles réguliers. Ceci exclut les infrastructures de captage et de traitement du biogaz et du lixiviat. La concentration maximale ne doit pas dépasser 1,25 % vol. ou 25 % de la LIE (limite inférieure d'explosivité).

Le programme de suivi environnemental en vigueur inclut la mesure du méthane à l'intérieur de tous les bâtiments présents sur le site.

Un instrument portatif muni d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) est utilisé afin de déterminer la concentration de méthane en continu à l'intérieur des bâtiments. La sonde d'échantillonnage de l'appareil est maintenue à environ 1 mètre au-dessus du sol tout en parcourant l'espace à échantillonner. On obtient alors la concentration moyenne de méthane dans l'air ambiant.

Par ailleurs, des mesures sont également effectuées en des points précis pouvant présenter un chemin possible d'infiltration du biogaz à l'intérieur du bâtiment, soit les regards, drains, prises électriques, entrées des services souterrains, fissures dans les dalles de plancher et les fondations.

Les sources d'origine humaine pouvant avoir une influence sur la lecture du FID sont également notées (réservoirs d'huile, peinture, solvants, etc.). Lorsque les concentrations mesurées sont élevées (supérieures à 0,5 % vol.), une contre-vérification de la concentration de méthane est effectuée à l'aide d'un appareil muni d'un détecteur NDIR.

9.6.3 Échantillonnage du méthane à la surface des cellules d'enfouissement

Un échantillonnage des émissions de méthane à la surface des futures cellules d'enfouissement sera effectué une fois par année conformément à l'article 68 du REIMR. Le relevé de surface sera effectué pour toutes les zones de dépôt soumises à l'action du système d'extraction actif du biogaz, qu'elles soient munies ou non d'un recouvrement final. Le règlement stipule que la concentration maximale admissible de méthane à la surface de ces zones de dépôt est de 500 ppmv.

Les concentrations de méthane à la surface du site seront déterminées en continu à l'aide d'un instrument portatif muni d'un détecteur à ionisation de flamme (FID). Conformément à la procédure développée par l'EPA, l'échantillonnage sera effectué à une hauteur de 5 à 10 cm au-dessus du sol, tout le long de la périphérie de la masse de matières résiduelle ainsi que le long de traverses espacées d'environ 30 m.

9.6.4 Échantillonnage aux têtes de puits d'extraction du biogaz

Conformément aux articles 62 et 68 du REIMR, le programme de suivi proposé inclut la vérification des conditions d'opération à chaque tête de puits d'extraction du biogaz situées dans les nouvelles aires d'enfouissement à une fréquence de quatre fois par année, répartie à intervalles réguliers. Cette activité permettra de s'assurer que le

réseau est opéré de façon adéquate et sécuritaire, par exemple que la température du biogaz est inférieure à 55°C et que les concentrations d'oxygène et d'azote sont inférieures à 5 % vol. et 20 % vol. respectivement.

Les paramètres suivants seront mesurés aux têtes de puits de captage:

- mesure des concentrations de méthane, de dioxyde de carbone et d'oxygène;
- mesure de la température;
- mesure de la pression statique en amont et en aval de la vanne de têtes de puits.

Les mesures seront effectuées à l'aide d'un appareil portatif muni de deux détecteurs NDIR pour la lecture des concentrations de méthane et de dioxyde de carbone et d'une cellule électrochimique pour la mesure de la concentration d'oxygène. La concentration d'azote est déterminée par différence. Cet appareil est également muni d'un manomètre pour la mesure des pressions statiques. Un thermocouple et un baromètre intégré complètent l'instrumentation de l'appareil.

9.6.5 Suivi des données d'opération à la station de pompage du biogaz

Le biogaz capté sera éliminé par une torchère à flamme invisible qui sera installée au cours des cinq premières années d'exploitation du LET. Cette torchère, avec une température de combustion minimale de 760°C et un temps de résidence minimal de 0,3 seconde, respectera les exigences du REIMR. Ce type de torchère assure une efficacité minimale de destruction des composés organiques volatils autres que le méthane de 98 % ou une concentration maximale de ces composés dans les gaz de combustion de 20 ppmv équivalent hexane, sur une base sèche à 3 % O₂.

Le débit de biogaz capté ainsi que la température de combustion des torchères seront enregistrés en continu à la station de pompage du biogaz à l'aide d'un débitmètre ainsi que de thermocouples installés à l'intérieur des torchères.

Afin de vérifier la performance de la torchère, son efficacité de destruction sera vérifiée une fois par année selon les protocoles standards d'échantillonnage de cheminée.

9.7 Plan d'intervention

9.7.1 Généralités

Le programme de surveillance et de suivi environnemental permettra de vérifier l'efficacité de l'ensemble des ouvrages destinés au contrôle et à la gestion des eaux de lixiviation et biogaz générés par les activités d'enfouissement. Advenant le mauvais fonctionnement de l'un ou de plusieurs de ces ouvrages pouvant entraîner la contamination du milieu naturel en périphérie de l'aire d'enfouissement, le programme de surveillance permettra de détecter ce problème et de rendre possible une intervention environnementale rapide.

De façon générale, les interventions seront réalisées en quatre étapes, soit :

- la définition préliminaire de la zone affectée;
- la délimitation précise de la zone affectée et de la problématique;
- l'exécution des travaux préliminaires destinés à contrôler le problème (pièges hydrauliques, puits de pompage, tranchées de captage ou autres);
- la réalisation d'études complémentaires destinées à solutionner définitivement le problème.

Cette section présente les interventions environnementales envisageables dans le cas d'une contamination éventuelle des eaux souterraines, de même que pour une migration des biogaz dans le sol hors du site.

9.7.2 Contamination des eaux souterraines

À la suite de la détection dans un puits d'observation des eaux souterraines de la présence d'un contaminant au-delà des valeurs limites établies, une évaluation de la zone affectée sera réalisée, et ce, en considérant l'hydrogéologie et l'hydrologie locales de même que le sens d'écoulement de la nappe phréatique.

Le MDDEP sera informé dans les **15 jours** de la situation et des actions prises pour corriger le problème. Les actions pourront comprendre des échantillonnages supplémentaires et des travaux de forage qui permettront d'installer des puits d'observation complémentaires de façon à confirmer la contamination et son étendue.

Selon les besoins, des ouvrages temporaires de contrôle pourront être mis en place. Selon l'étendue de la zone affectée, plusieurs interventions préliminaires sont envisageables afin d'arrêter la progression de la contamination. De façon générale, des pièges hydrauliques tels que des puits de pompage et des tranchées de captage creusées dans les dépôts meubles représentent les principales solutions envisagées. Les puits de pompage créeront un cône de dépression qui attirera les eaux contaminées alors que les tranchées de captage agiront comme une barrière physique. Les eaux ainsi récupérées seront alors traitées de façon appropriée à la nature de la contamination.

Les mesures de contrôle de la contamination étant en place, il s'agira par la suite de déterminer la source de cette contamination et de procéder aux travaux correctifs qui s'imposent. Sans s'y limiter, les travaux suivants pourront être effectués :

- inspection visuelle du site pour identifier la source potentielle de contamination;
- inspection du fonctionnement du réseau de captage du lixiviat et nettoyage des drains obstrués;
- inspection et réparation des conduites de refoulement.

9.7.3 Migration du biogaz

La surveillance de la migration des biogaz est l'une des facettes importantes du programme de suivi environnemental proposé, bien que la faible profondeur en excavation du LET proposé et la mise en place d'un système d'imperméabilisation à double niveau de protection limite considérablement ce risque. Il n'en demeure pas moins que la migration des biogaz peut entraîner des désagréments (odeurs) et également s'avérer problématique selon les concentrations de méthane contenues dans le gaz (limites explosives). Il est donc important de surveiller ce phénomène et d'entreprendre des interventions dès que des situations problématiques se produisent.

La première intervention pouvant être réalisée dans le cas d'une migration du biogaz est d'évaluer la zone touchée par le phénomène en réalisant des mesures de concentration supplémentaires que ce soit en surface, dans les bâtiments et infrastructures ainsi que dans les dépôts meubles. Si des concentrations en méthane

étaient détectées dans l'un ou l'autre des bâtiments, ceux-ci seraient évacués jusqu'à ce que la source soit identifiée et que la situation soit corrigée. Dans ce dernier cas, des travaux de forage et la mise en place de puits de surveillance additionnels pourraient s'avérer requis.

Les interventions suivantes pourraient également être entreprises afin de remédier à ce problème :

- vérification et amélioration du fonctionnement du système de captage et de traitement des biogaz;
- aménagement de tranchées périphériques de captage du biogaz (aménagées le long des limites d'exploitation);
- aménagement d'une série de puits passifs le long des limites de l'aire d'exploitation ou en périphérie.

De façon générale, pour limiter la migration de biogaz, il est toujours plus efficace de travailler directement sur la source. Selon la nature et l'envergure du problème identifié, les interventions proposées pourraient se révéler des solutions permanentes si elles ont la capacité de contrôler de façon adéquate la migration du biogaz.

9.8 Inspection du site

Quotidiennement, les employés affectés à l'exploitation et à l'entretien du LET auront à s'assurer que les activités d'enfouissement et que les équipements fonctionnent en conformité avec les exigences réglementaires.

Ainsi, les éléments suivants font l'objet d'une attention particulière:

- l'accessibilité du site;
- la visibilité et l'efficacité des panneaux de signalisation;
- l'efficacité des clôtures pare-papier;
- la propreté générale du site;
- le recouvrement des matières résiduelles;
- le bon fonctionnement et l'entretien préventif des équipements;
- la qualité de la végétation et l'effet potentiel du biogaz;
- la présence de résurgences de lixiviat sur la zone d'enfouissement en exploitation;
- la présence d'odeurs et de poussières au-delà des limites de la propriété;

- la présence de dépressions inondées sur le recouvrement final;
- le contrôle de la largeur du front des matières résiduelles;
- le dégagement de la voie de déchargement;
- la fluidité de la circulation sur le site;
- la disponibilité de matériel de recouvrement;
- l'absence d'érosion;
- l'efficacité du système de drainage des eaux de surface.

9.9 Registre et rapport annuel

La RMRLSJ veillera à ce que toutes les matières résiduelles, sans exception, qui entreront sur le lieu soient admissibles. Elle demandera et consignera dans un registre annuel d'exploitation l'ensemble des informations exigées par le REIMR.

Les registres d'exploitation et leurs annexes seront conservés au lieu d'enfouissement pendant son exploitation. Ils seront accessibles en tout temps à tout fonctionnaire autorisé par le Ministre. Après la fermeture, la RMRLSJ les conservera jusqu'à ce qu'elle soit libérée de ses obligations de suivi environnemental et d'entretien du lieu par le ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

Si des sols contaminés sont utilisés pour effectuer le recouvrement des matières résiduelles, la RMRLSJ obtiendra, d'un laboratoire accrédité, un rapport d'analyse qui précise le niveau de contamination permettant de vérifier l'acceptabilité de ces sols par rapport aux normes du REIMR. Ce rapport sera annexé au registre d'exploitation.

Pour chaque année et au plus tard le 31 mars de l'année suivante, la RMRLSJ transmettra au ministre du MDDEP, un rapport démontrant le respect de toutes les conditions d'exploitations prescrites par le REIMR et du décret autorisant le projet.

Ce rapport contiendra notamment :

- une compilation des données recueillies dans le registre annuel d'exploitation relativement à la nature et à la quantité de matières résiduelles enfouies ou utilisées comme matériaux de recouvrement;
- un plan et les données faisant état de la progression, sur le lieu, des opérations d'enfouissement de matières résiduelles, notamment les zones comblées, celles en exploitation et la capacité de dépôt encore disponible;
- un sommaire des données recueillies à la suite des campagnes d'échantillonnage et d'analyse, de mesures ou de travaux effectués en application du programme de surveillance environnementale;

- les résultats des vérifications ou mesures faites en application des exigences relatives au suivi des eaux et des biogaz;
- un écrit par lequel l'exploitant atteste que les mesures et les prélèvements d'échantillons prescrits ont été faits en conformité avec, selon le cas, les règles de l'art et les exigences de cette autorisation;
- tout renseignement ou document permettant de connaître les endroits où ces mesures ou prélèvements ont été faits, notamment le nombre et la localisation des points de contrôle, les méthodes et appareils utilisés ainsi que le nom des laboratoires ou personnes qui les ont effectués;
- un sommaire des travaux réalisés en application de la présente autorisation.

Ce rapport sera accompagné, le cas échéant, des autres renseignements que le MDDEP pourrait exiger en vertu des dispositions de l'article 68.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement.

10. ANALYSE ÉCONOMIQUE PRÉLIMINAIRE

10.1 Généralités

Les coûts d'élimination d'un LET se composent de trois volets distincts, soit :

- les coûts d'aménagement de l'ensemble du projet;
- les coûts d'opération;
- la contribution au fonds de suivi postfermeture.

Une estimation de ces trois volets a été réalisée dans le cadre de la présente analyse économique. Tous les coûts présentés sont en dollars 2011 et excluent les taxes, sauf pour les coûts post-fermeture qui sont en dollars 2014 et qui incluent les taxes, afin de répondre aux exigences du MDDEP pour le calcul de la contribution financière au fonds post-fermeture. Le tableau 10.1 suivant présente une synthèse des coûts d'élimination. Une analyse plus détaillée effectuée pour établir ces coûts est disponible à l'annexe H.

Tableau 10.1 : Synthèse des coûts d'élimination

Description	Coût annuel
➤ Coûts totaux d'aménagement du LET	48,03 \$/T
➤ Coûts d'opération	20,50 \$/T
➤ Contribution au fonds de suivi postfermeture	4,82 \$/T
Coût unitaire global à la tonne (\$ 2011)	73,35 \$/T

Les coûts de construction englobent tous les travaux requis pour l'aménagement et l'exploitation du LET incluant :

- l'aménagement complet des cellules d'enfouissement incluant le système d'imperméabilisation, les systèmes de collecte du lixiviat, les stations de pompes, le recouvrement final, etc.;
- la station de traitement du lixiviat;
- le réseau de captage du biogaz et la station d'élimination;
- le bâtiment de service, la balance, le poste de contrôle;
- les chemins d'accès, les fossés de drainage, ponceaux, clôture, barrière, etc.;
- les puits d'observation des eaux souterraines et des biogaz;
- divers éléments connexes mineurs.

Ils ont été évalués sur une base budgétaire pour l'ensemble du LET en considérant des coûts réels obtenus récemment sur des projets comparables. Le coût pour l'acquisition des terrains n'a pas été considéré dans le cadre de la présente estimation. Le coût unitaire pour les redevances exigibles pour l'élimination des matières résiduelle a également été omis ainsi que les royautés à la municipalité hôte, s'il y a lieu. Le coût global du projet est estimé à environ 44,7 M\$ en considérant un coût de financement moyen de 7 %.

Les coûts d'opération englobent toutes les activités reliées à l'élimination des matières résiduelles dont :

- les opérations d'enfouissement (machinerie, main-d'œuvre, recouvrement journalier, etc.);
- l'opération du système de traitement du lixiviat (main-d'œuvre, énergie, produits chimiques, analyses chimiques, etc.);
- l'opération de la station d'élimination du biogaz (main-d'œuvre, énergie, etc.);
- la réalisation de l'ensemble des programmes de contrôle et de suivi environnemental (main-d'œuvre, matériel, analyses chimiques, etc.);
- l'entretien de l'ensemble des équipements et ouvrages sur le site;
- les coûts de gestion et d'administration du LET;

Le budget annuel d'opération est estimé en moyenne à 1 025 000 \$.

Finalement, en vertu de l'article 56 de la Loi sur la qualité de l'environnement, le gouvernement impose dorénavant au promoteur de constituer un fonds monétaire, au cours de l'exploitation du LET, afin de garantir le financement des activités postfermeture requises. Ce fonds, sous la forme d'une fiducie d'utilité sociale, servira à la gestion postfermeture du lieu pendant au moins 30 ans suivant sa fermeture définitive. Les activités postfermeture incluent l'application des programmes de surveillance environnementale, l'entretien général du LET et l'opération des systèmes de traitement des eaux de lixiviation et du biogaz. Avec un coût annuel postfermeture estimé à 333 320 \$, une contribution de 4,82 \$/t est requise sur la période d'exploitation du LET pour accumuler un fonds permettant l'opération et l'entretien du LET sur une période de 30 ans suivant sa fermeture.

11. CALENDRIER DE RÉALISATION

La Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean (RMRLSJ) a entamé une démarche visant à implanter un lieu d'enfouissement technique (LET) pour desservir les municipalités régionales de comté (MRC) de la région du Lac-Saint-Jean. Ce projet s'avèrera nécessaire au moment de la fermeture du LET de L'Ascension prévue en 2013. Le projet d'aménagement du LET de la RMRLSJ s'inscrit donc dans un échéancier très serré. Le LET doit ainsi être construit en 2013 pour être mis en opération dès janvier 2014.

Pour respecter cet échéancier, le ministère devra favoriser le bon déroulement du projet de façon à accélérer l'acceptation de l'étude d'impact et les procédures du BAPE. De plus, cet échéancier ne pourra être possible que si plusieurs tâches, effectuées habituellement de façon séquentielle, sont plutôt réalisées de façon concomitante en étroite collaboration avec le MDDEP (décret ministériel, certificat d'autorisation).

La figure 11.1 présente l'échéancier le plus pessimiste du projet en tenant compte de la tenue d'audiences publiques sur le projet. Dans l'absence d'audiences publiques, le dossier dégage alors une marge de manœuvre d'environ trois mois, mais la construction demeure prévue pour 2013.

Figure 11.1 : Échéancier de réalisation du projet d'aménagement du LET de la RMRLSJ

Activité	2011												2012												2013												2014		
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
Étape 1 - Études préalables																																							
1 Élaboration de l'étude d'impact																																							
2 Consultation et analyse par MDDEP																																							
3 Réponse aux questions complémentaires																																							
4 Avis de recevabilité																																							
5 Enquête du BAPE																																							
6 Période d'information																																							
7 Audiences publiques																																							
8 Négociation du décret																																							
9 Préparation et analyse du certificat d'autorisation																																							
Étape 2 - Mise en œuvre																																							
1 Préparation des documents d'appel d'offres																																							
2 Procédure d'appel d'offres																																							
3 Réalisation des travaux																																							
4 Ouverture et exploitation du LET																																							

12. CONCLUSION

La Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean a mandaté la firme GENIVAR Inc. pour réaliser une étude technique pour l'implantation d'un lieu d'enfouissement technique (LET) sur les lots 16 à 24 du canton de Labarre, situé dans le secteur sud-est de la municipalité d'Hébertville-Station sur le territoire de la MRC Lac-Saint-Jean-Est.

L'analyse préliminaire démontre que ce site pourrait être convenable à l'implantation d'un LET. Les aménagements proposés comprendraient :

- une zone d'enfouissement comme telle d'une superficie de 14,45 ha, subdivisée en 13 cellules aménagées progressivement;
- un système d'imperméabilisation sur l'ensemble de la superficie du site composé de membranes synthétiques tel que prévu à la réglementation;
- une couche drainante munie de conduites de collecte et d'une station de pompage;
- un recouvrement final étanché à l'aide de géomembrane et muni de puits actifs d'évacuation des biogaz;
- un système de traitement des eaux de lixiviation composé d'un bassin d'accumulation d'un étang aéré ainsi qu'un système de traitement biologique et d'un émissaire;
- divers ouvrages connexes dont les chemins d'accès et périphérique, le garage, la balance, le détecteur de radiation, et le réseau de surveillance environnementale.

Le site aurait une capacité totale d'environ 2 500 000 m³, soit environ 2 125 000 t. Pour un tonnage annuel anticipé de 50 000 t, sa durée de vie serait de 42,5 ans.

L'analyse économique a permis d'établir le coût unitaire d'enfouissement à 73,35 \$/t (selon les hypothèses émises à la présente) se répartissant comme suit :

• Immobilisations :	48,03 \$/t
• Opérations :	20,50 \$/t
• Suivi postfermeture :	4,82 \$/t
Total :	73,35 \$/t

ANNEXE A

ANALYSE DES COMPOSANTES GÉOSYNTHÉTIQUES

ANNEXE A – ANALYSE DES COMPOSANTES GÉOSYNTHÉTIQUES

1.1 Déterminer la pression admissible sur la géomembrane

Référence : « Designing with Geosynthetics », Koerner, R.M., 4th Edition, 1998

$$P'_{\text{permis}} = \left[50 + 0,00045 \times \frac{M_a}{H_2} \right] \left[\frac{1}{MF_s \times MF_{pd} \times MF_a} \right] \left[\frac{1}{RF_{cr} \times RF_{cbd}} \right]$$

Où :

P'_{permis}	=	pression admissible sur la géomembrane (kPa)
M_a	=	masse du géotextile requis (g/m^2)
H	=	hauteur effective de l'aspérité (m)
MF_s	=	facteur de modification pour la forme de l'aspérité
MF_{pd}	=	facteur de modification pour la compaction
MF_a	=	facteur de modification pour l'effet d'arche du matériel sus-jacent
FS_{cr}	=	facteur de sécurité pour le fluage du géotextile
FS_{cbd}	=	facteur de sécurité pour la dégradation chimique et biologique

Dans ce cas :

H	=	0,014 m (\varnothing 5-14 mm maximum)
MF_s	=	1,0 (pierre angulaire)
MF_{pd}	=	0,5 (surface uniforme)
MF_a	=	0,5 (conditions moyennes)
FS_{cr}	=	1,5 (selon charte)
FS_{cbd}	=	1,3 (lixiviat modéré)

$$P'_{\text{permis}} = \left[50 + 0.00045 \times \frac{M_a}{0.014^2} \right] \left[\frac{1}{1,0 \times 0,5 \times 0,5} \right] \left[\frac{1}{1,5 \times 1,3} \right]$$

$$P'_{\text{permis}} = 102.56 + 4.71M_a$$

1.2 Déterminer la pression sur la géomembrane

Poids unitaire total ou $P_{\text{réel}}$ appliqué sur le géotextile de protection =

$$(\gamma \text{ déchets} \times h \text{ déchets}) + (\gamma \text{ couche drainante} \times h \text{ couche drainante}) + (\gamma \text{ recouvrement} \times h \text{ recouvrement})$$

$$\gamma \text{ déchets} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$h \text{ déchets} = 32,8 \text{ m}$$

$$\gamma \text{ couche drainante} = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$h \text{ couche drainante} = 0,5 \text{ m}$$

$$\gamma \text{ recouvrement final} = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$h \text{ recouvrement final} = 0,9 \text{ m}$$

$$= (1000 \times 32,8) + (2000 \times 0,5) + (2000 \times 0,9) = 35\,600 \text{ kg/m}^2 \\ = 349 \text{ kPa}$$

1.3 Calculer la masse requise du géotextile de protection

$$P'_{\text{permis}} = \text{FSg min} \times P_{\text{réel}}$$

Où :

$$P'_{\text{permis}} = \text{pression admissible sur géomembrane exprimée en } M_a$$

$$\text{FSg min} = \text{facteur de sécurité global} = 3,0$$

$$P'_{\text{permis}} = 102,56 + 4,71M_a = 1\,048 \text{ kPa}$$

$$M_a = 200,7 \text{ g/m}^2$$

Géotextile retenu : Texel 918

Masse = $450 \text{ g/m}^2 > 200,7 \text{ g/m}^2$ requis.

2. ANALYSE DU GÉOTEXTILE DE PROTECTION

2.1 Renforcement dans les pentes

Notes :

le géotextile est requis dans les pentes pour la protection de la géomembrane PEHD ;

le géotextile doit agir comme couche de renforcement pour soutenir le poids de la couche drainante ;

le géotextile doit avoir son ancrage propre afin d'assumer son rôle de renforcement ;

Référence : « Designing with Geosynthetics », Koerner, R.M., 4th Edition, 1998

$$T_{acc} = T_{ult} \left[\frac{1}{RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_{CD} \times RF_{BD}} \right]$$

Où

T_{acc} = tension acceptable dans le géotextile

T_{ult} = tension ultime permise dans le géotextile (selon le manufacturier)

RF_{ID} = facteur de réduction pour le dommage résultant de l'installation

= 1,5

RF_{CR} = facteur de réduction pour le fluage à long terme

= 1,0 Note : le fond du site sera rempli assez rapidement, réduisant cet effet

RF_{CD} = facteur de réduction pour la dégradation chimique

= 1,0 Note : le fond du site sera rempli assez rapidement, réduisant cet effet

RF_{BD} = facteur de réduction pour la dégradation biologique

= 1,0 Note : le fond du site sera rempli assez rapidement, réduisant cet effet

Donc,

$$T_{acc} = T_{ult} \left[\frac{1}{1,5 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0} \right]$$

T_{ult} pour géotextile TEXEL 918
= 31,8 kN/m (sens machine) *Valeur fournie par le fabricant, communication
personnelle

Donc,

$$T_{acc} = \frac{31,8}{1,5} = 21,2 \text{ kN/m}$$

Selon Koerner :

$$FS_{global} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

= facteur de sécurité global

Où :

$$a = (W_a - N_a \cos \beta - T \sin \beta) \cos \beta$$

$$b = -[(W_a - N_a \cos \beta - T \sin \beta) \sin \beta \tan \phi + (N_a \tan \delta + C_a) \sin \beta \cos \beta + \sin \beta (C + W_p \tan \phi)]$$

$$c = (N_a \tan \delta + C_a) \sin^2 \beta \tan \phi$$

Où :

W_a = poids du polygone actif

$$W_a = \gamma h^2 \left[\frac{L}{h} - \frac{1}{\sin \beta} - \frac{\tan \beta}{2} \right]$$

γ = poids unitaire du sol de recouvrement
= 20 kN/m³

h = épaisseur du sol de recouvrement
= 0,5 m

β = angle de la pente
= 17,8°

L = longueur totale de la pente

donc = 14,1 m (pire cas)

$$W_a = 20(0,5)^2 \left[\frac{14,1}{0,5} - \frac{1}{\sin 17,8^\circ} - \frac{\tan 17,8^\circ}{2} \right]$$

$$= 123,8 \text{ kN/m}$$

N_a = force effective perpendiculaire à la surface de glissement, due au polygone actif

$$= W_a \cos \beta$$

$$= 123,8 \cos 17,8^\circ = 117,9 \text{ kN/m}$$

C_a = force d'adhésion entre le sol de recouvrement et la géomembrane

$$= 0$$

ϕ = angle de frottement interne du sol de recouvrement (pierre)

$$= 35^\circ$$

δ = angle de frottement entre le géotextile et la géomembrane

$$= 10^\circ$$

T = T_{adm}

C = force de cohésion à la surface de glissement dans le polygone passif

$$= 0$$

$$W_p = \frac{\gamma h^2}{\sin 2\beta} = \frac{20 (0,5)^2}{\sin (2 \times 17,8^\circ)} = 8,59 \text{ kN/m}$$

Donc,

$$\begin{aligned} a &= [(123,8 - 117,9 \cos (17,8^\circ) - 21,2 \sin (17,8^\circ)] \cos (17,8^\circ) \\ &= 4,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= -[(123,8 - 117,9 \cos (17,8^\circ) - 21,2 \sin (17,8^\circ)) \sin (17,8^\circ) \tan (35^\circ)] + \\ &[(117,9 \tan (10^\circ) + 0) \sin (17,8^\circ) \cos (17,8^\circ)] + \sin (17,8^\circ) (0 + 8,59 \tan (35^\circ)) \\ &= -8,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= (117,9 \tan (10^\circ) + 0) \sin^2 (17,8^\circ) \tan (35^\circ) \\ &= 1,36 \end{aligned}$$

$$FS_{global} = \frac{-(-8,97) + \sqrt{(-8,97)^2 - 4(4,85)(1,36)}}{2(4,85)} = 1,68$$

Donc, le géotextile proposé (TEXEL 918) a la capacité requise pour soutenir le poids de la pierre nette sur la pente de 14,1 mètres de longueur. Cependant, pour plus de sécurité, les prochaines sections calculent la hauteur maximale de pierre nette pouvant être mise en place en tenant compte de la tension créée par les déchets.

2.2 Tension créée par les déchets

Référence : « Designing with geosynthetics », Koerner, R.M., 1994, p. 545

$$\begin{aligned} W_w &= \text{poids du polygone de déchets considéré (couche de 2 m)} \\ &= \frac{1}{2} \times (6,7 \text{ m}) (2\text{m}) \times 1,0 \text{ t/m}^3 \\ &= 6,7 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_w &= \text{force de résistance interne des déchets} \\ &= \sigma_h \tan \phi(D) \\ &= K_o \sigma_v \text{ moyenne} \tan \phi(D) \text{ (à mi-couche)} \\ &= (1 - \sin \phi) h_{\text{moy}} \gamma \tan \phi(D) \\ &= (1 - \sin 40) (0,5) (2,0) (1,0) \tan (40) (2) \\ &= 0,6 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{net}} &= W_w - T_w \\ &= 6,7 - 0,6 \\ &= 6,1 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \cos \beta &= \text{composante normale à la pente} \\ &= 5,81 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_1 &= \text{force à la surface entre la pierre nette et le géotextile créée par les} \\ &\text{déchets} \\ &= (W \cos \beta) \tan \delta \\ &= (5,81) \tan 25^\circ \\ &= 2,71 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2 &= \text{force résistante à la surface entre le géotextile et la géomembrane} \\ &= (W \cos \beta) \tan \delta_2 \\ &= (5,81) \times \tan 10^\circ \\ &= 1,02 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$F_1 > F_2, \text{ donc géotextile sera en tension}$$

$$\begin{aligned} F_1 - F_2 &= \text{force qui doit être prise par le géotextile} \\ &= 2,71 - 1,02 \\ &= 1,69 \text{ t/m} \\ &= 16,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Donc, la tension maximum qui doit être supportée par le géotextile dû au couvert de pierre nette est de :

$$\begin{aligned} &= T_{\text{ult géotextile}} - T_{\text{déchets}} \\ &= 21,20 - 16,6 \\ &= 4,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2.3 Tension créée par le couvert de pierre nette

Référence : « Stability of Soil Layers on Geosynthetic Lining Systems », Giroud, J.P. et Beech, J.F, Geosynthetic '89 Conference

α = tension dans le géosynthétique de renforcement

$$\alpha = \frac{\gamma_c T_c^2}{\sin 2\beta} \left[\left(\frac{2H \cos \beta}{T_c} - 1 \right) \frac{\sin(\beta - \phi_1)}{\cos \phi_1} - \frac{\sin \phi_c}{\cos(\beta + \phi_c)} \right]$$

Où :

γ_c = poids unitaire du sol de recouvrement
= 20 kN/m³

T_c = épaisseur du sol de recouvrement
= 0,5 m

H = hauteur de la pente permise (inconnue)

β = pente = 17,8°

ϕ_1 = angle de frottement entre le géotextile de renforcement et la géomembrane
= 10°

ϕ_c = angle de frottement du sol de recouvrement
= 35°

Dans ce cas,

$\alpha = \alpha_{adm} = 4,6 \text{ kN/m}$

Donc,

$$4,6 = \frac{20(0,5)^2}{\sin(2 \times 17,8^\circ)} \left[\left(\frac{2H \cos 17,8^\circ}{0,5} - 1 \right) \frac{\sin(17,8^\circ - 10^\circ)}{\cos 10^\circ} - \frac{\sin 35^\circ}{\cos(17,8^\circ + 35^\circ)} \right]$$

$$4,6 = 8,59[(3,81H - 1)0,138 - 0,95]$$

$$H = 3,1 \text{ m}$$

Donc, il est proposé d'installer la couche de pierre en pallier de 3,1 m. Une couche de 2 m de déchets devra être posée avant d'installer le deuxième niveau de pierre et ainsi de suite pour chacune des couches de pierre.

3. ÉVALUATION DE LA TENSION ENTRE LES COUCHES DE LA BARRIÈRE IMPERMÉABLE

Table 3-1 : Sommaire des angles de frottement à l'interface des couches de la barrière imperméable

	Couches de la barrière imperméable	Angles de frottement à l'interface
Profil de la barrière imperméable	0,5 m pierre nette (ø 5-14 mm)	25°
	géotextile non tissé	10°
	geomembrane PEHD	8°
	géofilet	8°
	geomembrane PEHD	8°
	nappe bentonitique	22°
	sol d'infrastructure	

Note : La couche 2 a été analysée dans les sections précédentes
 Une épaisseur de 3 m de pierre nette est considérée

3.1 Couche 3

$$\begin{aligned}
 F_{2-3} &= \text{force à l'interface 2-3} \\
 &= (\text{force normale à l'interface}) (\tan \delta_{2-3}) \\
 &= ([\text{poids des déchets}] + [\text{poids de la couche de protection}]) (\tan \delta_{2-3}) \\
 &= [(1/2 \times 6,7\text{m} \times 2\text{m} \times 10 \text{ kN/m}^3 + 0,5\text{m} \times 9,8\text{m} \times 20 \text{ kN/m}^3) \cos 17,8^\circ] \tan \\
 & (10^\circ) \\
 &= 157,1 \times \tan (10^\circ) \\
 &= 27,7 \text{ kN/m} \\
 F_{3-4} &= \text{force résistante à l'interface 3-4} \\
 &= \text{force normale} (\tan \delta_{3-4}) \\
 &= 157,1 (\tan 8^\circ) \\
 &= 22,1 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Tension dans la couche 3

$$= F_{2-3} - F_{3-4}$$

$$= 27,7 - 22,1$$

= 5,6 kN/m < limite élastique géomembrane PeHD 1,5 mm (= 22 kN/m),
devis technique

3.2 Couche 4

F_{3-4} = force résistante à l'interface 3-4

= force normale ($\tan\delta_{3-4}$)

$$= 157,1 (\tan 8^\circ)$$

$$= 22,1 \text{ kN/m}$$

F_{4-5} = force à l'interface 4-5

= force normale ($\tan\delta_{4-5}$)

$$= 22,1 \text{ kN/m}$$

Tension dans la couche 4

$$= F_{3-4} - F_{4-5}$$

$$= 0,0 \text{ kN/m}$$

3.3 Couche 5

F_{4-5} = force à l'interface 4-5

$$= 22,1 \text{ kN/m}$$

F_{5-6} = force à l'interface 5-6

= force normale ($\tan\delta_{5-6}$)

$$= 157,1 (\tan 8^\circ)$$

$$= 22,1 \text{ kN/m}$$

Tension dans la couche 5

$$= F_{4-5} - F_{5-6}$$

$$= 0,0 \text{ kN/m}$$

3.4 Couche 6

$$\begin{aligned} F_{5-6} &= \text{force à l'interface 5-6} \\ &= 22,1 \text{ kN/m} \\ F_{6-7} &= \text{force à l'interface 6-7} \\ &= \text{force normale } (\tan \delta_{5-6}) \\ &= 157,1 (\tan 22^\circ) \\ &= 63,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Tension dans la couche 6

$$F_{5-6} < F_{6-7} \quad \text{donc aucune tension}$$

4. CALCUL DE L'ANCRAGE

Référence : « Designing with geosynthetics », Koerner, Robert, Prentice Hall 3rd Edition, 1994

Deux membranes sont en tension, soit le géotextile de protection et la géomembrane 1^{er} niveau.

4.1 Ancrage de la géomembrane

Référence : «Designing with geosynthetics», Koerner, R., 1998, p. 487

$$T_{\text{calc}} \cos\beta = F_{u\sigma 1} + F_{L\sigma 1} + F_{LT1} - P_A + P_P + F_{u\sigma 2} + F_{L\sigma 2} + F_{LT2}$$

avec

$F_{u\sigma 1}, F_{u\sigma 2}$ = Effort de cisaillement au-dessus de la géomembrane dû au poids du sol.

$F_{L\sigma 1}, F_{L\sigma 2}$ = Effort de cisaillement sous la géomembrane dû au poids du sol.

F_{LT1} = Effort de cisaillement sous la géomembrane dû à la composante verticale de la tension dans la géomembrane.

P_A = Pression du remblai de la clé d'ancrage sur la géomembrane.

P_P = Pression du sol en place du côté externe de la clé d'ancrage sur la géomembrane.

L_1 = Longueur horizontale à l'extérieur de la tranchée (hypothèse : 0,6 m)

L_2 = Longueur horizontale à l'intérieur de la tranchée (hypothèse : 0,8 m)

$F_{u\sigma 1}$ = 0 (néglige la force au dessus de la membrane)

$$\begin{aligned} F_{L\sigma 1} &= \sigma_n \tan \delta_L (L_1) \\ &= (0,5 \times 18) \tan (10^\circ) (0,6) \\ &= 0,95 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{LT1} &= T_{\text{calc}} \sin\beta \tan \delta_L \\ &= 5,6 \times \sin(17,8^\circ) \times \tan(10^\circ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{calc}} &: \text{(voir la tension créée par le couvert de pierre de la couche 3)} \\ &= 0,30 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{u\sigma 2} &= \sigma_{n2} \tan \delta_u (L_2) \\ &= [(0,5 \times 18) + (0,6 \times 18)] \tan (15^\circ) 0,8 \quad \delta_{\text{PeHD-sol}} = 15^\circ \\ &= 4,24 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{L\sigma 2} &= \sigma_{n2} \tan \delta_L (L_2) \\ &= [(0,5 \times 18) + (0,6 \times 18)] \tan (10^\circ) 0,8 \\ &= 2,79 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_A &= (0,5 \gamma L_2 + \sigma_n) K_A d \\ &= [(0,5 \times 18 \times 0,6) + (0,5 \times 18)] \tan^2 (45 - 35^\circ/2) \times 0,6 \\ &= 2,34 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_P &= (0,5 \gamma d + \sigma_n) K_P d \\ &= [(0,5 \times 18 \times 0,6) + (0,5 \times 18)] \tan^2 (45 + 35^\circ/2) \times 0,6 \\ &= 31,88 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma &= F_{u\sigma 1} + F_{L\sigma 1} + F_{LT1} + F_{u\sigma 2} + F_{L\sigma 2} + P_P - P_A \\ \Sigma &= 0 + 0,95 + 0,30 + 4,24 + 2,79 + 31,88 - 2,34 \\ \Sigma &= 37,8 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Force d'ancrage = 37,8 kN/m

Facteur de sécurité de l'ancrage

$$\begin{aligned}FS &= \text{Force ancrage} / T_{ult} \cos \beta & T_{ult} \text{ géomembrane} &= 22 \text{ kN/m} \\ FS &= 37,8 / 22 \cos (17,8^\circ) \\ FS &= 1,81\end{aligned}$$

Facteur de sécurité de l'ancrage vis-à-vis la tension générée dans la géomembrane

$$\begin{aligned}FS &= \text{Force ancrage} / T_{générée} \cos \beta & T_{générée} \text{ géomembrane} &= 5,6 \text{ kN/m} \\ FS &= 37,8 / 5,6 \cos (17,8^\circ) \\ FS &= 7,09\end{aligned}$$

4.2 Ancrage du géotextile de protection

$$T = F_{u\sigma 1} + F_{L\sigma 1} + F_{LT1} + P_{PH} - P_{AH} + F_{u\sigma 2} + F_{L\sigma 2}$$

$$F_{u\sigma 1} = 0$$

$$\begin{aligned}F_{L\sigma 1} &= (0,5 \times 18) \tan (10^\circ) 0,6 \\ &= 0,95 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{LT1} &= 21,2 \times \sin(17,8) \times \tan(10^\circ) \\T_{\text{calc}} &: \text{(voir la tension max admissible sur le géotextile)} \\&= 1,14 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Calcul du frottement sur le géotextile dans la portion inclinée

$$\begin{aligned}P_{AH} &= P_A \sin(\alpha) \quad \alpha = 25^\circ \text{ angle ancrage} \\&= (0,5\gamma d + \sigma_N) K_A d \sin(\alpha) \\&= (0,5 \times 18 \times 0,6 + 0,5 \times 18) \tan^2(45-35/2) \times 0,6 \times \sin(25^\circ) \\&= 0,99 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{PH} &= P_P \cos(\alpha) \\&= (0,5\gamma d + \sigma_N) K_P d \cos(\alpha) \\&= (0,5 \times 18 \times 0,6 + 0,5 \times 18) \tan^2(45+35/2) \times 0,6 \times \sin(25^\circ) \\&= 13,5 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Calcul du frottement à la base de la tranchée

$$\begin{aligned}F_{L\sigma 2} &= (0,5 \times 18 + 0,6 \times 18) \tan(25^\circ) \times 0,5 \\&= 4,61 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$F_{U\sigma 2} = F_{L\sigma 2} = 4,61 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}\Sigma &= F_{U\sigma 1} + F_{L\sigma 1} + F_{LT1} + P_{PH} - P_{AH} + F_{L\sigma 2} + F_{U\sigma 2} \\&= 0 + 0,95 + 1,14 + 13,5 - 0,99 + 4,61 + 4,61 \\&= 23,82 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Force d'ancrage = 23,82 kN/m

Facteur de sécurité de l'ancrage

$$\begin{aligned}FS &= \text{Force ancrage} / T_{\text{acc}} \quad T_{\text{acc}} \text{ géotextile} = 21,2 \text{ kN/m} \\FS &= 23,82 / 21,2 \\FS &= 1,12\end{aligned}$$

5. PERFORMANCE DU SYSTÈME D'IMPERMÉABILISATION

Références : GIROUD, J.-P., AND R. BONAPARTE. Leakage Through Liners Constructed with Geomembranes – Part 1 Geomembrane Liners in Geotextiles and Geomembranes 8. 1989.

R. BONAPARTE, J.P.GIROUD, AND B.A. GROSS, Rates of Leakage through Landfill Liners, Proceedings of Geosynthetics '89, Vol. 1, San Diego, 1989.

5.1 Hypothèses

- La hauteur maximale de liquide sur le système d'imperméabilisation est de 300 mm, ce qui correspond à la valeur maximale permise par le REIMR.
- Les ouvertures sont circulaires et la dimension des ouvertures est de 2,00 mm de diamètre, ce qui correspond à 3,14 mm² d'aire, puisque le contrôle de la qualité est rigoureux.
- La fréquence des trous est de 1 / 4000 m² puisque le contrôle de la qualité est rigoureux.
- Surface déployée de géosynthétiques : 144 950 m²

5.2 Barrière imperméable

1^{er} niveau : 500 mm de remblai (pierre nette 5-14 mm)
Géotextile de protection
Géomembrane PeHD 1,5 mm

2^e niveau : Géofilet 5 mm
Géomembrane PeHD 1,5 mm
Natte bentonitique, 6 mm, $k \leq 10^{-8}$ m / s

5.3 Cas critique

Le cas le plus critique correspond à un trou dans la géomembrane du 2^e niveau vis-à-vis un trou dans la géomembrane du 1^{er} niveau. Dans ce cas, la colonne d'eau au-dessus de la géomembrane serait de $h = 0,305$ m.

5.4 Calcul du débit s'écoulant au travers du second niveau

$$Q = n \cdot 0,976 \cdot C_{qo} \cdot \left[1 + 0,1 \cdot \left(\frac{h}{t_s} \right)^{0,95} \right] \cdot d^{0,2} \cdot h^{0,9} \cdot k_s^{0,74}$$

où	Q	=	Fuite à travers la géomembrane (m ³ / s)
	A	=	Aire de la géomembrane (m ²)
	n	=	Nombre d'ouvertures pour l'aire considérée (A)
	C _{qo}	=	Facteur de qualité du contact
	h	=	Charge hydraulique au-dessus de la géomembrane (m)
	t _s	=	Épaisseur de la composante peu perméable de la natte bentonitique (m)
	d	=	Diamètre de l'ouverture (m)
	k _s	=	Perméabilité de la composante peu perméable de la natte

Dans le cas de l'agrandissement du LET du Lac-St-Jean,

A	=	144 950 m ²
n	=	37 orifices
C _{qo}	=	Bon contact = 0,21
h	=	0,305 m
t _s	=	0,006 m
d	=	0,002 m
k _s	=	1 X 10 ⁻⁸ m/s

Donc

Q	=	3,2 X 10 ⁻¹¹ (m ³ /s) / m ²
Q	=	4,7 X 10 ⁻⁶ m ³ /s pour l'ensemble de l'aire (A)

ANNEXE B

ÉQUIVALENCE DU GÉOFILET DE DRAINAGE

ANNEXE B – ÉQUIVALENCE DU GEOFILET DE DRAINAGE

Il est souvent présumé qu'un géofilet de drainage ayant la même transmissivité hydraulique que la couche de drainage granulaire imposée par le projet de *Règlement sur l'élimination des matières résiduelles* pour le système de détection de fuite est équivalent. Cette affirmation n'est véridique que dans le cas où l'écoulement de lixiviat est confiné et que la couche de drainage ou le géofilet sont complètement remplis de liquide.

En réalité, l'équivalence doit être démontrée sur la base d'un écoulement non confiné et dans ces conditions, le géofilet doit posséder une transmissivité hydraulique supérieure à celle de la couche de drainage selon la formule suivante (Giroud et al., 2000)¹

$$\theta_{NET} = E \theta_{SOL}$$
$$E = \frac{1}{0,88} \left[1 + \frac{t}{0,88 L} \frac{\cos\beta}{\tan\beta} \right]$$

où

E	=	Facteur d'équivalence
t _{SOL}	=	Épaisseur de la couche de drainage granulaire (m)
L	=	Longueur de drainage (m)
β	=	Pente de drainage
θ _{SOL}	=	Transmissivité de la couche de drainage granulaire (m ² /s)
θ _{NET}	=	Transmissivité requise pour le géofilet de drainage (m ² /s)

Le facteur d'équivalence E diminue avec l'augmentation de la pente ou de la longueur de drainage. En considérant que la pente minimale autorisée par la réglementation est de 2%, que l'épaisseur autorisée de la couche de drainage granulaire est de 30 cm et que la distance de drainage maximale utilisée dans le cas du LET du Lac-Saint-Jean est de 25 m, le facteur d'équivalence requis est de 1,83.

¹ GIROUD J.P., ZHAO A., BONAPARTE R., 2000. *The myth of hydraulic equivalency between geosynthetic and granular liquid collection layers*. Geosynthetics International, vol. 7, Nos 4-5.

La transmissivité hydraulique θ_{SOL} de la couche de drainage imposée par le MDDEP au niveau du système de détection de fuite est de $3,00 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ (soit une conductivité hydraulique de $1,00 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ sur une épaisseur de 0,3 m). Le géofilet doit donc posséder une transmissivité hydraulique minimale θ_{NET} de $5,49 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Le géofilet de drainage spécifié au devis possède une transmissivité minimale de $2,00 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (gradient de 0,25 à 479 kPa) ce qui est supérieur au minimum requis par le facteur d'équivalence.

ANNEXE C

ANALYSE STRUCTURALE DES CONDUITES

ANNEXE C – ANALYSE STRUCTURALE DES CONDUITES

1. HYPOTHESES

- Description des conduites

Collecteur principal 1^{er} niveau → PeHD DR 11, 200 mm ϕ

Collecteur principal 2^e niveau → PeHD DR 11, 150 mm ϕ

Collecteur secondaire 1^{er} niveau → PeHD DR 11, 150 mm ϕ

- Cas critique

Élévation maximale de matières résiduelles : 32,8 m

L'élévation maximale de matières résiduelles est atteinte vis-à-vis de la conduite secondaire du premier niveau. Dans le cas des conduites principales, l'élévation maximale des matières résiduelles est de 32,75 m.

Poids unitaire du sol au-dessus de la conduite :

$$= (\gamma_{\text{couche drainante et pierre nette}}) \times (h_{\text{couche drainante et pierre nette}}) + (\gamma_{\text{déchets et recouvrement journalier}}) \times (h_{\text{déchets et recouvrement journalier}}) + (\gamma_{\text{couvert final}}) \times (h_{\text{couvert final}})$$

$$\gamma_{\text{couche drainante + pierre nette}} = 2\,000 \text{ kg/m}^3$$

$$h_{\text{couche drainante + pierre nette}} = 0,5 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{déchet +recouvrement journalier}} = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

$$h_{\text{déchet +recouvrement journalier}} = 32,8 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{recouvrement final}} = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$h_{\text{recouvrement final}} = 0,9 \text{ m}$$

Ajustement pour conduites perforées

$$\text{Charge de conception} = \text{charge réelle} \times \frac{L}{L - L_p}$$

$$L_p = L / e_p \times d_p$$

où

L = Longueur unitaire de la conduite

L_p = Longueur cumulative des perforations par longueur unitaire de conduite

e_p = Espacement des perforations c/c

d_p = Diamètre des perforations

Selon les plans accompagnant le volet technique de l'étude d'impact,

$$L = 1000 \text{ mm}$$

$$e_p = 150 \text{ mm}$$

$$d_p = 10 \text{ mm}$$

$$L_p = 66,7 \text{ mm}$$

2. FLECHISSEMENT

Formule d'Iowa modifiée

$$Y = \frac{D_1 K W_c r^3}{EI + 0,061E' r^3}$$

où

- Y = Déflexion verticale (po)
D₁ = Facteur de compensation pour l'accroissement du fléchissement
K = Constante de butée
W_c = Charge unitaire supportée (lb/po)
r = rayon moyen de la conduite
E = module d'élasticité de la conduite (lb/po²)
I = moment d'inertie de la conduite par unité de longueur (po³)
E' = module de réaction du sol

Pour le LET du Lac-St-Jean,

- D₁ = 1,0
K = 0,083
r = 3,014 po pour PeHD 150 DR 11
= 3,923 po pour PeHD 200 DR 11
E = 30 000 psi
I = 0,0182 (po⁴/po) pour PeHD 150 DR 11
= 0,0402 (po⁴/po) pour PeHD 200 DR 11
E' = 3000 psi

3. RESISTANCE EN COMPRESSION

Formule de compression annulaire :

$$\sigma_c = \frac{PD}{2T}$$

où

σ_c = ampleur de la charge de compression (psi)

P = pression unitaire maximale (psi)

D = diamètre de la conduite (po)

T = épaisseur de la paroi

4. FLAMBAGE DE LA PAROI

$$P_{cr} = 0,4 \sqrt{(32 R_w B' E' \frac{EI}{D_{avg}^3})}$$

où

P_{cr} = charge critique pour conduite enterrée

E = module d'élasticité

I = moment d'inertie de la conduite par unité de longueur (po³)

E' = module de réaction du sol

D_{avg} = diamètre moyen de la conduite


B' = $(1 + 4^{e^{-0.0065H}})^{-1}$

où H = profondeur d'enfouissement de la conduite (ft)

R_w = $1 - 0,33 (hw / h)$

où hw = hauteur d'eau au-dessus de la conduite (po)

h = hauteur de sol au-dessus de la conduite (po)


Évaluation structurale des conduites en PEHD Adapté de System design HDPE pipe (KWH pipe Canada ltd)			
Description du projet			
Client : Régie des matières résiduelles du Lac-St-Jean		N° projet : Q126621	
Titre du projet : Étude d'impact sur l'environnement		Date : 13-janv-11	
Ingénieur de projet : Mélanie Plourde, ing.			
Localisation de la conduite			
LET projeté du Lac-St-Jean à Hébertville-Station		Diamètre nominal : PEHD 200 DR11	
Type de conduite : Conduites primaire de collecte lixiviat - 1er niveau		Chainage aval : s/o	
		Chainage amont : s/o	
Paramètres de calcul - Conduite		Symbole	Valeur
Diamètre extérieur de la conduite		OD	219,20
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite		t _{min}	19,91
Rayon moyen de la conduite		r	99,64
Paramètres de calcul - Charge Verticale du sol (Prism load method)		Épaisseur (m)	Charge totale (kg/m ²)
Couche 1 : Recouvrement final		0,9	1800
Couche 2 : matières résiduelles (pire cas)		32,8	32800
Couche 3 : Couche de protection au fond des cellules		0,5	1000
Couche 4 :			0
Couche 5 :			0
Charge verticale totale des sols		34,2	35600
Charge verticale totale des sols		V_c	Kpa
			349
Ajustement pour conduite perforée		Symbole	Valeur
Diamètre des perforations par unité de longueur		d _p	10,0
Espacement des perforations c/c		e _p	150,0
Longueur cumulative des perforations par longueur unitaire des conduites		L _p	0,067
Charge verticale totale des sols sur conduite perforée		V_c	Kpa
			374,0
Paramètres de calcul (Formule d'Iowa modifié)		Symbole	Valeur
Diamètre extérieur de la conduite		OD	8,630
Diamètre intérieur de la conduite		ID	7,062
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite		t _{min}	0,784
Rayon moyen de la conduite		r	3,923
Module d'élasticité apparent de la conduite (30000 psi)		E	30000
Moment d'inertie par unité de longueur de la section transversale de la conduite		I	0,0402
Facteur de compensation pour l'accroissement du fléchissement dans le temps		D ₁	1
Constante de butée		K _s	0,083
Module de réaction du sol (voir tableau 3)		E'	3000
Charge verticale totale des sols		V _c	51
Charge verticale totale des sols sur la conduite perforée		V _c	54
Charge verticale des sols sur la conduite par unité de longueur		W _{cp}	437
Charge verticale des sols sur la conduite perforée par unité de longueur		W _{cp}	468
Charge vive sur la conduite causée par la circulation (voir figure 3)		V _w	0
Charge vive sur la conduite par unité de longueur		W _w	0
Charge totale		V _T	51
Charge totale sur la conduite perforée		V _T	54
Charge totale par unité de longueur		W _T	437
Charge totale par unité de longueur équivalente		W _T	468
Résistance en compression (Ring compression formula)		Symbole	Valeur
Charge compressive maximale admissible (psi)		σ _c	800
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite		σ _c	279
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite perforée		σ _c	298
Déflexion verticale maximale (Formule d'Iowa modifiée)		Symbole	Valeur
Déflexion verticale calculée pour la conduite (Formule d'Iowa modifié)		Y	0,179
Déflexion verticale calculée pour la conduite perforée (Formule d'Iowa modifié)		Y	0,191
Déflexion verticale admissible retenue (Voir tableau 1 et référence)		Y/OD _{ADM}	3,3%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite		Y/OD	2,1%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite perforée		Y/OD	2,2%
Flambage de la paroi σ _a < q _a		Symbole	Valeur
Desing Factor = 0,40		DF	0,4
Hauteur de l'eau souterraine au-dessus de la conduite		hw	0
Hauteur du sol au-dessus de la conduite		h	1243
Pression de vacuum dans la conduite		P _v	0
Facteur de poussée d'archimède		R _w	1,0
Coefficient empirique du support élastique		B'	1,0
Charge maximale de flambage acceptable		q_a	psi
			195
Charge de flambage appliquée		σ_a	psi
			56
Charge de flambage appliquée conduite perforée		σ_a	psi
			60

Harrison S., Watkins R.K. HDPE leachate collection pipe design by fundamentals of mechanics. 19th International Madison Waste Conference, Municipal and Industrial waste. University of Wisconsin-Madison, september 25-26, 1996.

-The field evidence of case h

Tableau 1 Déflexion maximale admissible

Ratio dimension	%Déflexion admissible
32,5	8,6
26	6,5
21	5
17	4
11	3,3
9	2,6

Évaluation structurale des conduites en PEHD Adapté de System design HDPE pipe (KWH pipe Canada ltd)			
Description du projet			
Client : Régie des matières résiduelles du Lac-St-Jean		N° projet : Q126621	
Titre du projet : Étude d'impact sur l'environnement		Date : 13-janv-11	
Ingénieur de projet : Mélanie Plourde, ing.			
Localisation de la conduite			
LET projeté du Lac-St-Jean à Hébertville-Station		Diamètre nominal : PEHD 150 DR11	
Type de conduite : Conduites secondaire de collecte lixiviat - 1er niveau		Chainage aval : s/o	
		Chainage amont : s/o	
Paramètres de calcul - Conduite		Symbole	Valeur
Diamètre extérieur de la conduite	OD	mm	168,40
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite	t _{min}	mm	15,29
Rayon moyen de la conduite	r	mm	76,56
Paramètres de calcul - Charge Verticale du sol (Prism load method)		Épaisseur (m)	Charge totale (kg/m ²)
Couche 1 : Recouvrement final	0,9	2000	1800
Couche 2 : matières résiduelles (pire cas)	32,8	1000	32800
Couche 3 : Couche de protection au fond des cellules	0,5	2000	1000
Couche 4 :			0
Couche 5 :			0
Charge verticale totale des sols	34,2	1041	35600
Charge verticale totale des sols	V_c	Kpa	349
Ajustement pour conduite perforée		Symbole	Valeur
Diamètre des perforations par unité de longueur	d _p	mm	10,0
Espacement des perforations c/c	e _p	mm	150,0
Longueur cumulative des perforations par longueur unitaire des conduites	L _p	m	0,067
Charge verticale totale des sols sur conduite perforée	V_c	Kpa	374,0
Paramètres de calcul (Formule d'Iowa modifié)		Symbole	Valeur
Diamètre extérieur de la conduite	OD	inches	6,630
Diamètre intérieur de la conduite	ID	inches	5,426
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite	t _{min}	inches	0,602
Rayon moyen de la conduite	r	inches	3,014
Module d'élasticité apparent de la conduite (30000 psi)	E	psi	30000
Moment d'inertie par unité de longueur de la section transversale de la conduite	I	inches ⁴ /inch	0,0182
Facteur de compensation pour l'accroissement du fléchissement dans le temps	D ₁	--	1
Constante de butée	K _s	--	0,083
Module de réaction du sol (voir tableau 3)	E'	psi	3000
Charge verticale totale des sols	V _c	psi	51
Charge verticale totale des sols sur la conduite perforée	V _c	psi	54
Charge verticale des sols sur la conduite par unité de longueur	W _{cp}	lbs/inch	336
Charge verticale des sols sur la conduite perforée par unité de longueur	W _{cp}	lbs/inch	360
Charge vive sur la conduite causée par la circulation (voir figure 3)	V _w	psi	0
Charge vive sur la conduite par unité de longueur	W _w	lbs/inch	0
Charge totale	V _T	psi	51
Charge totale sur la conduite perforée	V _T	psi	54
Charge totale par unité de longueur	W _T	lbs/inch	336
Charge totale par unité de longueur équivalente	W _T	lbs/inch	360
Résistance en compression (Ring compression formula)		Symbole	Valeur
Charge compressive maximale admissible (psi)	σ _c	psi	800
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite	σ _c	psi	279
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite perforée	σ _c	psi	299
Déflexion verticale maximale (Formule d'Iowa modifiée)		Symbole	Valeur
Déflexion verticale calculée pour la conduite (Formule d'Iowa modifié)	Y	inches	0,137
Déflexion verticale calculée pour la conduite perforée (Formule d'Iowa modifié)	Y	inches	0,147
Déflexion verticale admissible retenue (Voir tableau 1 et référence)	Y/OD _{ADM}	%	3,3%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite	Y/OD	%	2,1%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite perforée	Y/OD	%	2,2%
Flambage de la paroi σ _a < q _a		Symbole	Valeur
Desing Factor = 0,40	DF	--	0,4
Hauteur de l'eau souterraine au-dessus de la conduite	hw	inches	0
Hauteur du sol au-dessus de la conduite	h	inches	1243
Pression de vacuum dans la conduite	P _v	psi	0
Facteur de poussée d'archimède	R _w		1,0
Coefficient empirique du support élastique	B'		1,0
Charge maximale de flambage acceptable	q_a	psi	195
Charge de flambage appliquée	σ_a	psi	56
Charge de flambage appliquée conduite perforée	σ_a	psi	60

Harrison S., Watkins R.K. HDPE leachate collection pipe design by fundamentals of mechanics. 19th International Madison Waste Conference, Municipal and Industrial waste. University of Wisconsin-Madison, september 25-26, 1996.

-The field evidence of case histories show that deflection up to at least 20% do not lead to failure (Case histories on file at ASTM);
- Ease of cleaning considerations suggest that deflection should be kept below 5% à 7%;
- Fortunately for landfill designer, deflection should not usually be an issue.

Sharma H.D., Lewis P.L., 1994. "Waste Containment Systems, Waste Stabilization and Landfills, Design and evaluation". John Wiley & sons inc.

- If the prism load equation is use, the deflection lag factor can be reduce to 1.0 because the prism load has been found to be approximately 1.5 times greater than the load determined using Marston's equation.

Tableau 1 Déflexion maximale admissible

Ratio dimension	%Déflexion admissible
32,5	8,6
26	6,5
21	5
17	4
11	3,3
9	2,6

ANNEXE D

ANALYSE DE LA COUCHE DRAINANTE

ANNEXE D – ANALYSE DE LA COUCHE DRAINANTE

1.1 Objectifs

La présente section vise à calculer le facteur de sécurité du réseau de collecte des eaux de lixiviation en fonction du débit généré par le LET. L'objectif consiste à vérifier le respect d'un facteur de sécurité acceptable avec l'utilisation d'une pierre nette possédant une perméabilité minimale de 1 cm/s en guise de couche de drainage, tout en s'assurant que la tête d'eau, sur le système d'imperméabilisation, n'excède pas 30 cm telle qu'elle est prescrite dans la réglementation québécoise.

1.2 Méthodologie

L'analyse consiste à calculer le facteur de sécurité. La formule utilisée se résume comme suit : (Giroud, Zorner, and Zhao, 2000).

$$FS_h = k \left[\frac{\frac{t_{\text{permis}} \cdot \sin \beta}{L} + \left(\frac{t_{\text{permis}} \cdot \cos \beta}{L} \right)^2}{q_h} \right]$$

où :

FS_h	=	facteur de sécurité
k_{req}	=	perméabilité de la couche drainante (m/s)
q_h	=	taux d'infiltration (m/s)
β	=	pente de la couche drainante
t_{permis}	=	hauteur de liquide permise (m)
L	=	longueur de drainage (m)

1.3 Valeurs des paramètres

Les valeurs des paramètres utilisées pour la présente analyse sont résumées comme suit :

$$\begin{aligned}k &= 1 \times 10^{-2} \text{ m/s} \quad \text{perméabilité minimale du REIMR. La perméabilité} \\ &\quad \text{réelle sera plus élevée puisque de la pierre nette est utilisée (perméabilité initiale de} \\ &\quad \text{l'ordre de } 10 \text{ cm/s}^1) \\ q_h &= 3,95 \times 10^{-7} \text{ m/s} \quad \text{(voir la section 1.4 ci-après)} \\ \beta &= \tan^{-1}(0,02) = 1,1458^\circ \\ t_{\text{permis}} &= 0,3 \text{ m} \\ L &= 50 \text{ m}\end{aligned}$$

1.4 Calcul du débit unitaire

Le débit de lixiviat généré par le LET a été évalué avec le modèle HELP en supposant une cellule ouverte et une hauteur de 3 m de matières résiduelles saturées. Ce débit a été estimé à 34,11 mm/j.

1.5 Résultats

$$FS_h = k \left[\frac{\frac{t_{\text{permis}} \cdot \sin \beta}{L} + \left(\frac{t_{\text{permis}} \cdot \cos \beta}{L} \right)^2}{q_h} \right]$$
$$FS_h = 1 \cdot 10^{-2} \left[\frac{\frac{0,3 \cdot \sin 1,1458}{50} + \left(\frac{0,3 \cdot \cos 1,1458}{50} \right)^2}{3,95 \cdot 10^{-7}} \right]$$
$$FS_h = 1 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1,2 \cdot 10^{-4} + 3,6 \cdot 10^{-5}}{3,95 \cdot 10^{-7}} \right] = 3,948$$

Un facteur de sécurité de l'ordre de 3,95 est jugé acceptable.

¹ Bell, Graem, Fell, Robin, MacGregor, Patrick & Stapledon, David (2005). *Geotechnical Engineering of Dams*. London, UK. : Taylor and Francis Group.

ANNEXE E

SIMULATION HELP

LSJ_OMR.OUT

□

**
**
**
**
**
**
**
**
**
**
**
**
**

PRECIPITATION DATA FILE: C:\HELP3\LSJ-PI.D4
TEMPERATURE DATA FILE: C:\HELP3\LSJ-TI.D7
SOLAR RADIATION DATA FILE: C:\HELP3\LSJ-TI.D13
EVAPOTRANSPIRATION DATA: C:\HELP3\LSJ-EI.D11
SOIL AND DESIGN DATA FILE: C:\HELP3\LSJ_OD.D10
OUTPUT DATA FILE: C:\HELP3\LSJ_OMR.OUT

TIME: 8:54 DATE: 4/ 4/2011

TITLE: LET RMR LSJ CET sans matieres residuelles

NOTE: INITIAL MOISTURE CONTENT OF THE LAYERS AND SNOW WATER WERE
COMPUTED AS NEARLY STEADY-STATE VALUES BY THE PROGRAM.

LAYER 1

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 5
THICKNESS = 0.10 CM
POROSITY = 0.4570 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.1310 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.0580 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0762 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.10000005000E-02 CM/SEC

LAYER 2

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER

LSJ_OMR.OUT

MATERIAL TEXTURE NUMBER 21

THICKNESS	=	50.00	CM
POROSITY	=	0.3970	VOL/VOL
FIELD CAPACITY	=	0.0320	VOL/VOL
WILTING POINT	=	0.0130	VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT	=	0.0399	VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND.	=	0.300000012000	CM/SEC
SLOPE	=	2.00	PERCENT
DRAINAGE LENGTH	=	25.0	METERS

LAYER 3

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 35

THICKNESS	=	0.15	CM
POROSITY	=	0.0000	VOL/VOL
FIELD CAPACITY	=	0.0000	VOL/VOL
WILTING POINT	=	0.0000	VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT	=	0.0000	VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND.	=	0.199999996000E-12	CM/SEC
FML PINHOLE DENSITY	=	0.00	HOLES/HECTARE
FML INSTALLATION DEFECTS	=	0.00	HOLES/HECTARE
FML PLACEMENT QUALITY	=	3 - GOOD	

LAYER 4

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 34

THICKNESS	=	0.60	CM
POROSITY	=	0.8500	VOL/VOL
FIELD CAPACITY	=	0.0100	VOL/VOL
WILTING POINT	=	0.0050	VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT	=	0.0100	VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND.	=	33.0000000000	CM/SEC
SLOPE	=	2.00	PERCENT
DRAINAGE LENGTH	=	25.0	METERS

LAYER 5

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 35

THICKNESS	=	0.15	CM
POROSITY	=	0.0000	VOL/VOL
FIELD CAPACITY	=	0.0000	VOL/VOL
WILTING POINT	=	0.0000	VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT	=	0.0000	VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND.	=	0.199999996000E-12	CM/SEC
FML PINHOLE DENSITY	=	0.00	HOLES/HECTARE
FML INSTALLATION DEFECTS	=	0.00	HOLES/HECTARE
FML PLACEMENT QUALITY	=	3 - GOOD	

LSJ_OMR.OUT

LAYER 6

TYPE 3 - BARRIER SOIL LINER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 17

THICKNESS	=	0.60	CM
POROSITY	=	0.7500	VOL/VOL
FIELD CAPACITY	=	0.7470	VOL/VOL
WILTING POINT	=	0.4000	VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT	=	0.7500	VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND.	=	0.300000003000E-08	CM/SEC

GENERAL DESIGN AND EVAPORATIVE ZONE DATA

NOTE: SCS RUNOFF CURVE NUMBER WAS COMPUTED FROM DEFAULT
SOIL DATA BASE USING SOIL TEXTURE # 5 WITH BARE
GROUND CONDITIONS, A SURFACE SLOPE OF 2.% AND
A SLOPE LENGTH OF 75. METERS.

SCS RUNOFF CURVE NUMBER	=	83.70	
FRACTION OF AREA ALLOWING RUNOFF	=	0.0	PERCENT
AREA PROJECTED ON HORIZONTAL PLANE	=	1.0000	HECTARES
EVAPORATIVE ZONE DEPTH	=	20.0	CM
INITIAL WATER IN EVAPORATIVE ZONE	=	1.042	CM
UPPER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE	=	7.946	CM
LOWER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE	=	0.265	CM
INITIAL SNOW WATER	=	6.610	CM
INITIAL WATER IN LAYER MATERIALS	=	2.461	CM
TOTAL INITIAL WATER	=	9.070	CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW	=	0.00	MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM
CARIBOU MAINE

STATION LATITUDE	=	46.52	DEGREES
MAXIMUM LEAF AREA INDEX	=	0.00	
START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE)	=	144	
END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE)	=	260	
EVAPORATIVE ZONE DEPTH	=	20.0	CM
AVERAGE ANNUAL WIND SPEED	=	14.00	KPH
AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	70.00	%
AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	69.00	%
AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	76.00	%
AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	78.00	%

NOTE: PRECIPITATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE

LSJ_OMR.OUT

NORMAL MEAN MONTHLY PRECIPITATION (MM)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
68.8	53.8	64.6	67.0	84.8	88.7
130.3	102.1	110.2	79.5	76.8	74.1

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
-16.8	-14.6	-7.5	1.6	9.9	15.5
18.1	16.8	11.5	5.3	-2.3	-12.0

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE
AND STATION LATITUDE = 48.25 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 25

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	76.56 132.68	65.14 92.92	58.60 107.30	48.18 79.35	78.20 75.50	85.26 69.58
STD. DEVIATIONS	21.22 42.28	24.84 35.89	33.35 46.24	17.66 26.44	29.31 22.94	35.40 27.29
RUNOFF						
TOTALS	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
STD. DEVIATIONS	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
EVAPOTRANSPIRATION						
TOTALS	6.976 58.644	6.460 49.509	12.377 40.155	10.541 27.030	35.871 12.621	48.809 6.731
STD. DEVIATIONS	0.940 14.032	0.996 16.637	2.272 11.926	4.216 6.583	15.298 4.198	17.439 0.895

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 2

LSJ_OMR.OUT

TOTALS	0.0000	0.0000	9.0932	217.3027	119.7449	36.2319
	68.2975	47.8765	66.8204	42.9743	42.6532	2.0696

STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	21.4838	87.8872	46.1382	22.7502
	32.3242	26.0339	39.2269	22.2654	27.8034	5.4486

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3

TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 4

TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6

TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

 AVERAGES OF MONTHLY AVERAGED DAILY HEADS (CM)

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 3

AVERAGES	0.0000	0.0000	0.0708	1.7445	0.9158	0.2914
	0.5314	0.3726	0.5373	0.3344	0.3430	0.0161

STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.1672	0.7022	0.3583	0.1829
	0.2513	0.2026	0.3154	0.1733	0.2236	0.0424

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 5

AVERAGES	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

AVERAGE ANNUAL TOTALS & (STD. DEVIATIONS) FOR YEARS 1 THROUGH 25

	MM	CU. METERS	PERCENT

	LSJ_OMR.OUT			
PRECIPITATION	969.27	(102.965)	9692.7	100.00
RUNOFF	0.000	(0.0000)	0.00	0.000
EVAPOTRANSPIRATION	315.724	(31.3172)	3157.24	32.573
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 2	653.06415	(110.43959)	6530.642	67.37676
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3	0.00020	(0.00003)	0.002	0.00002
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 3	4.298	(0.733)		
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 4	0.00020	(0.00003)	0.002	0.00002
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6	0.00000	(0.00000)	0.000	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 5	0.000	(0.000)		
CHANGE IN WATER STORAGE	0.483	(2.3074)	4.83	0.050

□

	PEAK DAILY VALUES FOR YEARS 1 THROUGH 25	
	(MM)	(CU. METERS)
PRECIPITATION	79.10	791.000
RUNOFF	0.000	0.0000
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 2	64.48560	644.85596
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3	0.000017	0.00017
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 3	146.120	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 3	191.116	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 2 (DISTANCE FROM DRAIN)	9.6 METERS	
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 4	0.00002	0.00017
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6	0.000000	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 5	0.000	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 5	0.134	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 4 (DISTANCE FROM DRAIN)	0.0 METERS	

SNOW WATER LSJ_OMR.OUT 398.71 3987.1365

MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL) 0.3973

MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL) 0.0132

*** Maximum heads are computed using McEnroe's equations. ***

Reference: Maximum Saturated Depth over Landfill Liner
by Bruce M. McEnroe, University of Kansas
ASCE Journal of Environmental Engineering
Vol. 119, No. 2, March 1993, pp. 262-270.

□

FINAL WATER STORAGE AT END OF YEAR 25

LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	0.0408	0.4078
2	4.3902	0.0878
3	0.0000	0.0000
4	0.0060	0.0100
5	0.0000	0.0000
6	0.4500	0.7500
SNOW WATER	5.392	

LSJ_3MR.OUT

```

*****
*****
**
**
**          HYDROLOGIC EVALUATION OF LANDFILL PERFORMANCE          **
**          HELP MODEL VERSION 3.07 (1 NOVEMBER 1997)              **
**          DEVELOPED BY ENVIRONMENTAL LABORATORY                  **
**          USAE WATERWAYS EXPERIMENT STATION                     **
**          FOR USEPA RISK REDUCTION ENGINEERING LABORATORY       **
**
**
*****
*****

```

```

PRECIPITATION DATA FILE: C:\HELP3\LSJ-PI.D4
TEMPERATURE DATA FILE:  C:\HELP3\LSJ-TI.D7
SOLAR RADIATION DATA FILE: C:\HELP3\LSJ-TI.D13
EVAPOTRANSPIRATION DATA: C:\HELP3\LSJ-EI.D11
SOIL AND DESIGN DATA FILE: C:\HELP3\LSJ_3M.D10
OUTPUT DATA FILE:       C:\HELP3\LSJ_3MR.OUT

```

TIME: 9: 2 DATE: 4/ 4/2011

```

*****
TITLE: LET LSJ - CET avec 3 m de matieres residuelles
*****

```

NOTE: INITIAL MOISTURE CONTENT OF THE LAYERS AND SNOW WATER WERE SPECIFIED BY THE USER.

LAYER 1

```

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 5
THICKNESS                = 20.00 CM
POROSITY                  = 0.4570 VOL/VOL
FIELD CAPACITY            = 0.1310 VOL/VOL
WILTING POINT            = 0.0580 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.4078 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.10000005000E-02 CM/SEC

```

LAYER 2

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER

LSJ_3MR.OUT

MATERIAL TEXTURE NUMBER 18
 THICKNESS = 300.00 CM
 POROSITY = 0.6710 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.2920 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0770 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.2200 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.100000005000E-02 CM/SEC

LAYER 3

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 21
 THICKNESS = 50.00 CM
 POROSITY = 0.3970 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0320 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0130 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.1325 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.300000012000 CM/SEC
 SLOPE = 2.00 PERCENT
 DRAINAGE LENGTH = 25.0 METERS

LAYER 4

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 35
 THICKNESS = 0.15 CM
 POROSITY = 0.0000 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0000 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0000 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0000 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.199999996000E-12 CM/SEC
 FML PINHOLE DENSITY = 0.00 HOLES/HECTARE
 FML INSTALLATION DEFECTS = 0.00 HOLES/HECTARE
 FML PLACEMENT QUALITY = 3 - GOOD

LAYER 5

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 34
 THICKNESS = 0.60 CM
 POROSITY = 0.8500 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0100 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0050 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0100 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 33.0000000000 CM/SEC
 SLOPE = 2.00 PERCENT
 DRAINAGE LENGTH = 25.0 METERS

LSJ_3MR.OUT
LAYER 6

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 35

THICKNESS = 0.15 CM
POROSITY = 0.0000 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.0000 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.0000 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0000 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.199999996000E-12 CM/SEC
FML PINHOLE DENSITY = 0.00 HOLES/HECTARE
FML INSTALLATION DEFECTS = 0.00 HOLES/HECTARE
FML PLACEMENT QUALITY = 3 - GOOD

LAYER 7

TYPE 3 - BARRIER SOIL LINER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 17

THICKNESS = 0.60 CM
POROSITY = 0.7500 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.7470 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.4000 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.7500 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.300000003000E-08 CM/SEC

GENERAL DESIGN AND EVAPORATIVE ZONE DATA

NOTE: SCS RUNOFF CURVE NUMBER WAS COMPUTED FROM DEFAULT
SOIL DATA BASE USING SOIL TEXTURE # 5 WITH BARE
GROUND CONDITIONS, A SURFACE SLOPE OF 2.% AND
A SLOPE LENGTH OF 75. METERS.

SCS RUNOFF CURVE NUMBER = 83.70
FRACTION OF AREA ALLOWING RUNOFF = 0.0 PERCENT
AREA PROJECTED ON HORIZONTAL PLANE = 1.0000 HECTARES
EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 20.0 CM
INITIAL WATER IN EVAPORATIVE ZONE = 8.156 CM
UPPER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 9.140 CM
LOWER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 1.160 CM
INITIAL SNOW WATER = 0.000 CM
INITIAL WATER IN LAYER MATERIALS = 81.237 CM
TOTAL INITIAL WATER = 81.237 CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW = 0.00 MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM
CARIBOU MAINE

LSJ_3MR.OUT

STATION LATITUDE = 46.52 DEGREES
 MAXIMUM LEAF AREA INDEX = 0.00
 START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 144
 END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 260
 EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 20.0 CM
 AVERAGE ANNUAL WIND SPEED = 14.00 KPH
 AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 70.00 %
 AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 69.00 %
 AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 76.00 %
 AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 78.00 %

NOTE: PRECIPITATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
 COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE

NORMAL MEAN MONTHLY PRECIPITATION (MM)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
68.8	53.8	64.6	67.0	84.8	88.7
130.3	102.1	110.2	79.5	76.8	74.1

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
 COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
-16.8	-14.6	-7.5	1.6	9.9	15.5
18.1	16.8	11.5	5.3	-2.3	-12.0

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
 COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE
 AND STATION LATITUDE = 48.25 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 25

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	76.56 132.68	65.14 92.92	58.60 107.30	48.18 79.35	78.20 75.50	85.26 69.58
STD. DEVIATIONS	21.22 42.28	24.84 35.89	33.35 46.24	17.66 26.44	29.31 22.94	35.40 27.29

RUNOFF

		LSJ_3MR.OUT				
TOTALS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STD. DEVIATIONS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

EVAPOTRANSPIRATION

TOTALS	6.952	6.460	12.372	11.300	62.940	72.184
	85.193	71.859	57.138	33.851	12.974	6.731
STD. DEVIATIONS	0.930	0.996	2.273	5.903	18.306	24.593
	19.912	21.933	11.186	5.589	4.346	0.895

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3

TOTALS	3.4877	0.7497	0.7811	73.9862	173.6411	70.7134
	23.8478	33.8937	29.9995	41.6830	40.1328	28.0712
STD. DEVIATIONS	8.6774	0.1804	1.1252	66.8768	61.9013	27.6010
	16.1288	25.7623	17.4729	31.6399	20.9793	24.0791

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 4

TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5

TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 7

TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

 AVERAGES OF MONTHLY AVERAGED DAILY HEADS (CM)

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4

AVERAGES	0.0271	0.0064	0.0061	0.5949	1.3513	0.5686
	0.1856	0.2638	0.2412	0.3244	0.3227	0.2184
STD. DEVIATIONS	0.0675	0.0016	0.0088	0.5378	0.4817	0.2219
	0.1255	0.2005	0.1405	0.2462	0.1687	0.1874

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 6

AVERAGES	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
----------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

	0.0000	LSJ_3MR.OUT 0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

AVERAGE ANNUAL TOTALS & (STD. DEVIATIONS) FOR YEARS				1 THROUGH	25
	MM		CU. METERS	PERCENT	
PRECIPITATION	969.27	(102.965)	9692.7	100.00	
RUNOFF	0.000	(0.0000)	0.00	0.000	
EVAPOTRANSPIRATION	439.955	(41.8013)	4399.55	45.390	
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3	520.98718	(114.43208)	5209.872	53.75036	
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 4	0.00018	(0.00003)	0.002	0.00002	
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	3.425	(0.756)			
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5	0.00017	(0.00003)	0.002	0.00002	
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 7	0.00000	(0.00000)	0.000	0.00000	
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 6	0.000	(0.000)			
CHANGE IN WATER STORAGE	8.330	(2.6726)	83.30	0.859	

□

PEAK DAILY VALUES FOR YEARS		1 THROUGH	25
		(MM)	(CU. METERS)
PRECIPITATION		79.10	791.000
RUNOFF		0.000	0.0000
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3		34.11662	341.16623
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 4		0.000009	0.00009
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4		82.302	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 4		115.393	

LSJ_3MR.OUT

LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 3 (DISTANCE FROM DRAIN)	7.5 METERS	
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5	0.00001	0.00009
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 7	0.000000	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 6	0.000	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 6	0.101	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 5 (DISTANCE FROM DRAIN)	0.0 METERS	
SNOW WATER	398.71	3987.1365
MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.4570
MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.0580

*** Maximum heads are computed using McEnroe's equations. ***

Reference: Maximum Saturated Depth over Landfill Liner
by Bruce M. McEnroe, University of Kansas
ASCE Journal of Environmental Engineering
Vol. 119, No. 2, March 1993, pp. 262-270.

□

FINAL WATER STORAGE AT END OF YEAR 25

LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	6.4973	0.3249
2	87.5999	0.2920
3	2.1162	0.0423
4	0.0000	0.0000
5	0.0060	0.0100
6	0.0000	0.0000
7	0.4500	0.7500
SNOW WATER	5.392	

LSJ_3MR.OUT

LSJ_15R.OUT

```

*****
*****
**
**
**          HYDROLOGIC EVALUATION OF LANDFILL PERFORMANCE          **
**          HELP MODEL VERSION 3.07 (1 NOVEMBER 1997)              **
**          DEVELOPED BY ENVIRONMENTAL LABORATORY                  **
**          USAE WATERWAYS EXPERIMENT STATION                     **
**          FOR USEPA RISK REDUCTION ENGINEERING LABORATORY       **
**
**
*****
*****

```

```

PRECIPITATION DATA FILE:  C:\HELP3\LSJ-PI.D4
TEMPERATURE DATA FILE:   C:\HELP3\LSJ-TI.D7
SOLAR RADIATION DATA FILE: C:\HELP3\LSJ-TI.D13
EVAPOTRANSPIRATION DATA: C:\HELP3\LSJ-EI.D11
SOIL AND DESIGN DATA FILE: C:\HELP3\LSJ_15M.D10
OUTPUT DATA FILE:        C:\HELP3\LSJ_15R.OUT

```

TIME: 9: 5 DATE: 4/ 4/2011

```

*****
TITLE:  LET LSJ - CET avec 15m de matieres residuelles
*****

```

NOTE: INITIAL MOISTURE CONTENT OF THE LAYERS AND SNOW WATER WERE SPECIFIED BY THE USER.

LAYER 1

```

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 5
THICKNESS                = 20.00 CM
POROSITY                  = 0.4570 VOL/VOL
FIELD CAPACITY            = 0.1310 VOL/VOL
WILTING POINT            = 0.0580 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.4301 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.10000005000E-02 CM/SEC

```

LAYER 2

```

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
Page 1

```

LSJ_15R.OUT

MATERIAL TEXTURE NUMBER 18
 THICKNESS = 1500.00 CM
 POROSITY = 0.6710 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.2920 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0770 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.2200 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.100000005000E-02 CM/SEC

LAYER 3

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 21
 THICKNESS = 50.00 CM
 POROSITY = 0.3970 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0320 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0130 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0682 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.300000012000 CM/SEC
 SLOPE = 2.00 PERCENT
 DRAINAGE LENGTH = 25.0 METERS

LAYER 4

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 35
 THICKNESS = 0.15 CM
 POROSITY = 0.0000 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0000 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0000 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0000 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.199999996000E-12 CM/SEC
 FML PINHOLE DENSITY = 0.00 HOLES/HECTARE
 FML INSTALLATION DEFECTS = 0.00 HOLES/HECTARE
 FML PLACEMENT QUALITY = 3 - GOOD

LAYER 5

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 34
 THICKNESS = 0.60 CM
 POROSITY = 0.8500 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0100 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0050 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0100 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 33.0000000000 CM/SEC
 SLOPE = 2.00 PERCENT
 DRAINAGE LENGTH = 25.0 METERS

LSJ_15R.OUT
LAYER 6

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 35

THICKNESS = 0.15 CM
POROSITY = 0.0000 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.0000 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.0000 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0000 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.199999996000E-12 CM/SEC
FML PINHOLE DENSITY = 0.00 HOLES/HECTARE
FML INSTALLATION DEFECTS = 0.00 HOLES/HECTARE
FML PLACEMENT QUALITY = 3 - GOOD

LAYER 7

TYPE 3 - BARRIER SOIL LINER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 17

THICKNESS = 0.60 CM
POROSITY = 0.7500 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.7470 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.4000 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.7500 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.300000003000E-08 CM/SEC

GENERAL DESIGN AND EVAPORATIVE ZONE DATA

NOTE: SCS RUNOFF CURVE NUMBER WAS COMPUTED FROM DEFAULT
SOIL DATA BASE USING SOIL TEXTURE # 5 WITH BARE
GROUND CONDITIONS, A SURFACE SLOPE OF 2.% AND
A SLOPE LENGTH OF 75. METERS.

SCS RUNOFF CURVE NUMBER = 83.70
FRACTION OF AREA ALLOWING RUNOFF = 25.0 PERCENT
AREA PROJECTED ON HORIZONTAL PLANE = 1.0000 HECTARES
EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 20.0 CM
INITIAL WATER IN EVAPORATIVE ZONE = 8.602 CM
UPPER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 9.140 CM
LOWER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 1.160 CM
INITIAL SNOW WATER = 0.000 CM
INITIAL WATER IN LAYER MATERIALS = 342.468 CM
TOTAL INITIAL WATER = 342.468 CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW = 0.00 MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM
CARIBOU MAINE

LSJ_15R.OUT

STATION LATITUDE = 46.52 DEGREES
 MAXIMUM LEAF AREA INDEX = 0.00
 START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 144
 END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 260
 EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 20.0 CM
 AVERAGE ANNUAL WIND SPEED = 14.00 KPH
 AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 70.00 %
 AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 69.00 %
 AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 76.00 %
 AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 78.00 %

NOTE: PRECIPITATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
 COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE

NORMAL MEAN MONTHLY PRECIPITATION (MM)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
68.8	53.8	64.6	67.0	84.8	88.7
130.3	102.1	110.2	79.5	76.8	74.1

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
 COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
-16.8	-14.6	-7.5	1.6	9.9	15.5
18.1	16.8	11.5	5.3	-2.3	-12.0

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
 COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE
 AND STATION LATITUDE = 48.25 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 25

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	76.56 132.68	65.14 92.92	58.60 107.30	48.18 79.35	78.20 75.50	85.26 69.58
STD. DEVIATIONS	21.22 42.28	24.84 35.89	33.35 46.24	17.66 26.44	29.31 22.94	35.40 27.29

RUNOFF

	LSJ_15R.OUT					
TOTALS	0.000 1.041	0.000 0.202	6.508 0.700	61.397 0.203	5.622 2.071	0.224 0.028
STD. DEVIATIONS	0.000 2.110	0.000 0.265	10.707 1.198	20.160 0.693	11.385 4.613	0.376 0.097
EVAPOTRANSPIRATION						
TOTALS	6.952 85.179	6.460 71.906	12.372 57.191	11.308 33.835	63.008 12.974	72.083 6.731
STD. DEVIATIONS	0.930 19.886	0.996 21.943	2.273 11.203	5.929 5.611	18.471 4.346	24.657 0.895
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3						
TOTALS	7.2420 61.1926	0.8887 51.1092	0.7177 36.1898	6.5694 39.9356	52.5693 34.2510	78.0626 38.6741
STD. DEVIATIONS	13.2473 24.6560	0.4548 24.7138	0.8089 23.3293	8.0839 23.3874	24.2048 20.5586	25.2224 29.1243
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 4						
TOTALS	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5						
TOTALS	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 7						
TOTALS	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000

AVERAGES OF MONTHLY AVERAGED DAILY HEADS (CM)

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4						
AVERAGES	0.0564 0.4762	0.0076 0.3977	0.0056 0.2910	0.0528 0.3108	0.4091 0.2754	0.6277 0.3010
STD. DEVIATIONS	0.1031 0.1919	0.0039 0.1923	0.0063 0.1876	0.0650 0.1820	0.1884 0.1653	0.2028 0.2266
DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 6						
AVERAGES	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

	0.0000	LSJ_15R.OUT 0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

AVERAGE ANNUAL TOTALS & (STD. DEVIATIONS) FOR YEARS				1 THROUGH	25
	MM		CU. METERS	PERCENT	
PRECIPITATION	969.27	(102.965)	9692.7	100.00	
RUNOFF	77.996	(16.8865)	779.96	8.047	
EVAPOTRANSPIRATION	439.998	(41.7148)	4399.98	45.395	
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3	407.40207	(143.38509)	4074.021	42.03176	
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 4	0.00014	(0.00003)	0.001	0.00001	
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	2.676	(0.942)			
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5	0.00014	(0.00003)	0.001	0.00001	
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 7	0.00000	(0.00000)	0.000	0.00000	
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 6	0.000	(0.000)			
CHANGE IN WATER STORAGE	43.876	(6.2162)	438.76	4.527	

□

PEAK DAILY VALUES FOR YEARS		1 THROUGH	25
		(MM)	(CU. METERS)
PRECIPITATION		79.10	791.000
RUNOFF		23.344	233.4380
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3		5.52943	55.29431
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 4		0.000002	0.00002
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4		13.339	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 4		23.632	

LSJ_15R.OUT

LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 3 (DISTANCE FROM DRAIN)	2.8 METERS	
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5	0.00000	0.00002
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 7	0.000000	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 6	0.000	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 6	0.040	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 5 (DISTANCE FROM DRAIN)	0.0 METERS	
SNOW WATER	398.71	3987.1365
MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)	0.4570	
MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)	0.0580	

*** Maximum heads are computed using McEnroe's equations. ***

Reference: Maximum Saturated Depth over Landfill Liner
by Bruce M. McEnroe, University of Kansas
ASCE Journal of Environmental Engineering
Vol. 119, No. 2, March 1993, pp. 262-270.

□

FINAL WATER STORAGE AT END OF YEAR 25

LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	6.1911	0.3096
2	437.9998	0.2920
3	2.1195	0.0424
4	0.0000	0.0000
5	0.0060	0.0100
6	0.0000	0.0000
7	0.4500	0.7500
SNOW WATER	5.392	

LSJ_15R.OUT

LSJ_ORF.OUT

□

**
**
**
**
**
**
**
**
**
**
**
**
**
**

PRECIPITATION DATA FILE: C:\HELP3\LSJ-PI.D4
TEMPERATURE DATA FILE: C:\HELP3\LSJ-TI.D7
SOLAR RADIATION DATA FILE: C:\HELP3\LSJ-TI.D13
EVAPOTRANSPIRATION DATA: C:\HELP3\LSJ-EI.D11
SOIL AND DESIGN DATA FILE: C:\HELP3\LSJ_IRF.D10
OUTPUT DATA FILE: C:\HELP3\LSJ_ORF.OUT

TIME: 9: 9 DATE: 4/ 4/2011

TITLE: LET LSJ Recouvrement final

NOTE: INITIAL MOISTURE CONTENT OF THE LAYERS AND SNOW WATER WERE
COMPUTED AS NEARLY STEADY-STATE VALUES BY THE PROGRAM.

LAYER 1

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 5
THICKNESS = 15.00 CM
POROSITY = 0.4570 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.1310 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.0580 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.4466 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.10000005000E-02 CM/SEC

LAYER 2

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER
Page 1

LSJ_ORF.OUT

MATERIAL TEXTURE NUMBER 5
 THICKNESS = 45.00 CM
 POROSITY = 0.4570 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.1310 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0580 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.4260 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.100000005000E-02 CM/SEC
 SLOPE = 5.00 PERCENT
 DRAINAGE LENGTH = 75.0 METERS

LAYER 3

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 35
 THICKNESS = 0.15 CM
 POROSITY = 0.0000 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0000 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0000 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0000 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.199999996000E-12 CM/SEC
 FML PINHOLE DENSITY = 2.00 HOLES/HECTARE
 FML INSTALLATION DEFECTS = 2.00 HOLES/HECTARE
 FML PLACEMENT QUALITY = 2 - EXCELLENT

LAYER 4

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 5
 THICKNESS = 30.00 CM
 POROSITY = 0.4570 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.1310 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0580 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.1798 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.100000005000E-02 CM/SEC

LAYER 5

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 18
 THICKNESS = 2600.00 CM
 POROSITY = 0.6710 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.2920 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0770 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.2920 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.100000005000E-02 CM/SEC

LAYER 6

LSJ_ORF.OUT

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 21

THICKNESS = 50.00 CM
POROSITY = 0.3970 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.0320 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.0130 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0343 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.300000012000 CM/SEC
SLOPE = 2.00 PERCENT
DRAINAGE LENGTH = 25.0 METERS

LAYER 7

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 35

THICKNESS = 0.15 CM
POROSITY = 0.0000 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.0000 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.0000 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0000 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.199999996000E-12 CM/SEC
FML PINHOLE DENSITY = 0.00 HOLES/HECTARE
FML INSTALLATION DEFECTS = 0.00 HOLES/HECTARE
FML PLACEMENT QUALITY = 3 - GOOD

LAYER 8

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 34

THICKNESS = 0.60 CM
POROSITY = 0.8500 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.0100 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.0050 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0100 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 33.0000000000 CM/SEC
SLOPE = 2.00 PERCENT
DRAINAGE LENGTH = 25.0 METERS

LAYER 9

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 35

THICKNESS = 0.15 CM
POROSITY = 0.0000 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.0000 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.0000 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0000 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.199999996000E-12 CM/SEC
FML PINHOLE DENSITY = 0.00 HOLES/HECTARE
FML INSTALLATION DEFECTS = 0.00 HOLES/HECTARE

FML PLACEMENT QUALITY LSJ_ORF.OUT
= 3 - GOOD

LAYER 10

TYPE 3 - BARRIER SOIL LINER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 17
THICKNESS = 0.60 CM
POROSITY = 0.7500 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.7470 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.4000 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.7500 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.300000003000E-08 CM/SEC

GENERAL DESIGN AND EVAPORATIVE ZONE DATA

NOTE: SCS RUNOFF CURVE NUMBER WAS COMPUTED FROM DEFAULT
SOIL DATA BASE USING SOIL TEXTURE # 5 WITH A
GOOD STAND OF GRASS, A SURFACE SLOPE OF 5.0%
AND A SLOPE LENGTH OF 100. METERS.

SCS RUNOFF CURVE NUMBER = 56.30
FRACTION OF AREA ALLOWING RUNOFF = 100.0 PERCENT
AREA PROJECTED ON HORIZONTAL PLANE = 1.0000 HECTARES
EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 20.0 CM
INITIAL WATER IN EVAPORATIVE ZONE = 8.984 CM
UPPER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 9.140 CM
LOWER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 1.160 CM
INITIAL SNOW WATER = 6.610 CM
INITIAL WATER IN LAYER MATERIALS = 792.630 CM
TOTAL INITIAL WATER = 799.240 CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW = 0.00 MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM
CARIBOU MAINE

STATION LATITUDE = 46.52 DEGREES
MAXIMUM LEAF AREA INDEX = 0.00
START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 144
END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 260
EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 20.0 CM
AVERAGE ANNUAL WIND SPEED = 14.00 KPH
AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 70.00 %
AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 69.00 %
AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 76.00 %
AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 78.00 %

LSJ_ORF.OUT

NOTE: PRECIPITATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE

NORMAL MEAN MONTHLY PRECIPITATION (MM)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
68.8	53.8	64.6	67.0	84.8	88.7
130.3	102.1	110.2	79.5	76.8	74.1

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
-16.8	-14.6	-7.5	1.6	9.9	15.5
18.1	16.8	11.5	5.3	-2.3	-12.0

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR CARIBOU MAINE
AND STATION LATITUDE = 48.25 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 25

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	76.56 132.68	65.14 92.92	58.60 107.30	48.18 79.35	78.20 75.50	85.26 69.58
STD. DEVIATIONS	21.22 42.28	24.84 35.89	33.35 46.24	17.66 26.44	29.31 22.94	35.40 27.29
RUNOFF						
TOTALS	0.000 3.823	0.000 1.458	26.963 12.458	246.690 11.072	22.113 25.881	0.000 0.152
STD. DEVIATIONS	0.000 19.117	0.000 5.487	43.480 23.052	77.347 16.738	45.641 19.976	0.000 0.514
EVAPOTRANSPIRATION						
TOTALS	6.976 85.154	6.460 71.985	12.377 57.324	11.331 33.838	62.840 12.974	72.274 6.731
STD. DEVIATIONS	0.940 19.835	0.996 21.880	2.272 10.708	5.915 5.514	18.422 4.346	24.427 0.895

LSJ_ORF.OUT

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 2

TOTALS	11.0950	8.9249	8.6501	7.4585	11.3518	12.2026
	13.6582	15.0296	16.1811	17.5222	16.8353	12.7525
STD. DEVIATIONS	1.1268	0.9313	0.8838	0.7144	1.3959	1.7296
	2.0524	2.7968	2.8852	3.3252	3.3187	1.4173

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3

TOTALS	2.1048	1.7282	1.7112	1.5061	2.1425	2.2688
	2.5088	2.7233	2.8906	3.1119	2.9922	2.3671
STD. DEVIATIONS	0.1817	0.1534	0.1465	0.1203	0.2223	0.2727
	0.3232	0.4387	0.4520	0.5200	0.5192	0.2251

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 6

TOTALS	2.8937	2.3209	2.3368	2.1125	1.9703	1.4343
	1.8408	2.0133	2.2635	2.5562	2.7713	3.2654
STD. DEVIATIONS	0.7204	0.5388	0.3589	0.1514	0.1893	0.1441
	0.2184	0.3108	0.3083	0.4590	0.4574	0.5719

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 7

TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 8

TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 10

TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

 AVERAGES OF MONTHLY AVERAGED DAILY HEADS (CM)

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 3

AVERAGES	31.1476	27.4986	24.2840	21.6365	31.8685	35.3991
	38.3434	42.1935	46.9404	49.1913	48.8383	35.8008
STD. DEVIATIONS	3.1634	2.7990	2.4813	2.0726	3.9187	5.0174
	5.7618	7.8516	8.3697	9.3351	9.6274	3.9788

LSJ_ORF.OUT

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 7

AVERAGES	0.0225	0.0198	0.0182	0.0170	0.0153	0.0115
	0.0143	0.0157	0.0182	0.0199	0.0223	0.0254
STD. DEVIATIONS	0.0056	0.0046	0.0028	0.0012	0.0015	0.0012
	0.0017	0.0024	0.0025	0.0036	0.0037	0.0045

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 9

AVERAGES	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

AVERAGE ANNUAL TOTALS & (STD. DEVIATIONS) FOR YEARS 1 THROUGH 25

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	969.27 (102.965)	9692.7	100.00
RUNOFF	350.610 (75.5845)	3506.10	36.173
EVAPOTRANSPIRATION	440.265 (41.9605)	4402.65	45.422
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 2	151.66177 (15.59903)	1516.618	15.64698
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3	28.05558 (2.47267)	280.556	2.89450
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 3	360.952 (37.070)		
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 6	27.77898 (2.86839)	277.790	2.86596
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 7	0.00006 (0.00000)	0.001	0.00001
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 7	0.183 (0.019)		
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 8	0.00006 (0.00000)	0.001	0.00001
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 10	0.00000 (0.00000)	0.000	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 9	0.000 (0.000)		
CHANGE IN WATER STORAGE	-1.044 (1.6612)	-10.44	-0.108

LSJ_ORF.OUT

□

PEAK DAILY VALUES FOR YEARS	1 THROUGH 25	
	(MM)	(CU. METERS)
PRECIPITATION	79.10	791.000
RUNOFF	93.375	933.7521
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 2	0.68943	6.89426
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3	0.119731	1.19731
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 3	599.995	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 3	845.935	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 2 (DISTANCE FROM DRAIN)	22.0 METERS	
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 6	0.13070	1.30696
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 7	0.000000	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 7	0.315	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 7	0.627	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 6 (DISTANCE FROM DRAIN)	0.1 METERS	
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 8	0.00000	0.00000
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 10	0.000000	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 9	0.000	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 9	0.013	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 8 (DISTANCE FROM DRAIN)	0.0 METERS	
SNOW WATER	398.71	3987.1365
MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.4570
MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.0586

*** Maximum heads are computed using McEnroe's equations. ***

Reference: Maximum Saturated Depth over Landfill Liner
 by Bruce M. McEnroe, University of Kansas
 ASCE Journal of Environmental Engineering
 Vol. 119, No. 2, March 1993, pp. 262-270.

□

FINAL WATER STORAGE AT END OF YEAR 25

LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	5.3222	0.3548
2	18.4632	0.4103
3	0.0000	0.0000
4	5.4823	0.1827
5	759.2000	0.2920
6	2.3157	0.0463
7	0.0000	0.0000
8	0.0060	0.0100
9	0.0000	0.0000
10	0.4500	0.7500
SNOW WATER	5.392	

ANNEXE F

DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

STATISTIQUES ANNUELLES ET MENSUELLES

Station : LAC-SAINTE-CROIX
7063690

Latitude : 48° 25' 00"

Longitude : 71° 45' 00"

Période : 1970-01 à 1999-06

Altitude : 152

Température maximale (°C)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Moyenne	-11.44	-9.22	-2.23	6.55	15.94	21.37	23.42	22.03	16.17	9.29	1.11	-7.4	7.14
Écart type	2.89	3.12	2.09	2.19	2.54	1.53	1.15	1.41	1.37	1.83	1.45	3.05	.78
Nombre d'années	30	30	30	30	30	30	29	29	28	29	29	29	28

Température minimale (°C)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Moyenne	-22.04	-19.91	-12.64	-3.34	3.79	9.67	12.68	11.47	6.76	1.37	-5.68	-16.56	-2.86
Écart type	3.05	3.53	2.97	1.61	1.57	1.52	1.1	1.32	1.32	1.34	1.85	3.74	.94
Nombre d'années	30	30	30	30	30	30	29	29	27	29	29	29	27

Température moyenne (°C)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Moyenne	-16.75	-14.58	-7.45	1.61	9.89	15.54	18.06	16.76	11.5	5.34	-2.28	-11.99	2.16
Écart type	2.9	3.26	2.5	1.82	1.95	1.41	1.06	1.27	1.31	1.56	1.57	3.34	.85
Nombre d'années	30	30	30	30	30	30	29	29	27	29	29	29	27

Précipitation pluie (mm)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Moyenne	6.79	4.61	17.11	44.92	83.13	88.74	130.29	102.08	110.17	73.8	40.7	8.62	708.05
Écart type	8.47	10.32	12.87	25.96	34.63	36.35	58.03	37.1	36.11	22.2	25.36	12.58	94.19
Nombre d'années	30	30	30	30	30	30	29	29	28	29	29	29	28

Précipitation neige (cm)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Moyenne	62.07	49.34	47.83	22.12	1.66	0	0	0	0	5.72	36.12	65.46	291.76
Écart type	27.99	23.27	22.18	14.75	4.94	0	0	0	.02	8.5	16.9	24.04	56.58
Nombre d'années	30	30	30	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29

Précipitation totale (mm)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Moyenne	68.83	53.76	64.58	67.01	84.77	88.74	130.29	102.08	110.17	79.49	76.77	74.06	1000.26
Écart type	30.74	23.91	24.94	25.74	36.71	36.35	58.03	37.1	36.11	22.88	31.54	21.78	109.84
Nombre d'années	30	30	30	30	30	30	29	29	28	29	29	29	28

Neige au sol (cm)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Moyenne	54.08	66.38	42.31	.56	0	0	0	0	0	.04	9.6	35.96	---
Écart type	27.36	28.08	28.13	2.01	0	0	0	0	0	.2	9.19	21.66	---
Nombre d'années	24	26	26	27	26	27	26	26	25	25	25	24	---

Évapotranspiration potentielle (mm)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Moyenne	0	0	0	11.35	70	108.54	125.99	107.58	64.75	28.29	0	0	516.5
Écart type	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Nombre d'années	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27

ANNEXE G

DEVIS D'ASSURANCE QUALITÉ DES GÉOSYNTHÉTIQUES

1. Généralités

1.1 Portée des travaux

Les travaux décrits dans la présente section comprennent :

- la fourniture;
- la livraison;
- le déchargement et l'entreposage;
- la certification;
- les services au chantier;
- la main-d'œuvre;
- l'outillage;
- les essais mécaniques;
- les garanties de fabrication pour les géomembranes;
- l'installation et le contrôle de la qualité;

des géosynthétiques.

Tous les travaux doivent être exécutés par un sous-traitant spécialisé dans le domaine ayant fait preuve de sa compétence et ayant réalisé des projets similaires.

Pour connaître la portée des travaux concernant les géosynthétiques dans le cadre du présent projet, l'Entrepreneur doit - notamment - se référer aux Chapitres A à G du devis (dont à la description des articles du bordereau de soumission) ainsi qu'aux plans.

Important à noter : Même si les résultats de la certification au chantier¹ sont conformes, le Maître de l'ouvrage se réserve le droit en tout temps jusqu'à l'installation de ces géosynthétiques², et ce, à sa seule discrétion, de demander à l'Entrepreneur spécialisé A³ de remplacer un ou des géosynthétique(s) avec une ou des problématique(s) de défaut(s) visuel(s)⁴ ou de rouleau(x) télescopique(s)⁵.

-
- 1 Vérification initiale de la qualité des géosynthétiques livrés, dont par des essais au Laboratoire d'assurance-qualité pour les géosynthétiques.
 - 2 Dans une période maximale de 5 ans après qu'un mandat de fourniture et livraison des géosynthétiques ait été complété. Et ce, malgré le fait que dans un mandat de fourniture et livraison des géosynthétiques, ces derniers ont été acceptés et payés par le règlement du paiement définitif au contrat.
 - 3 Qui a été mandaté pour la fourniture et livraison des géosynthétiques (ou mandaté pour la fourniture, livraison et installation des géosynthétiques; alors l'Entrepreneur spécialisé A est le même que l'Entrepreneur spécialisé B).
 - 4 Non uniformité du produit, comme pour l'épaisseur pas exemple, ou qui démontre visuellement une ou des irrégularités par rapport aux produits de première qualité livrés généralement sur de tels projets.

Au lieu de remplacer certains géosynthétiques problématiques, selon l'importance de la ou des problématique(s), le Maître de l'ouvrage pourrait aussi accepter que des correctifs soient apportés au chantier par l'Entrepreneur spécialisé B⁶ qui installe ces géosynthétiques. Pour les 2 alternatives ou la combinaison des deux, le Maître de l'ouvrage se réserve le droit de demander à l'Entrepreneur spécialisé A de rembourser tous les frais directs et indirects plus 15 % d'administration⁷.

1.2 Définition

1.2.1 Assurance-qualité (A-Q) et contrôle de la qualité (C-Q)

Assurance-qualité

L'ensemble des actions et moyens pris pour assurer la conformité des méthodes de construction et des matériaux avec les spécifications du projet. Ces services sont rendus par le Consultant en assurance-qualité.

Contrôle de la qualité

L'ensemble des actions et moyens pris pour mesurer et contrôler les caractéristiques d'un point ou d'un service de manière à ce qu'il rencontre les exigences du contrat. Ces activités sont réalisées par l'Installateur des matériaux géosynthétiques.

1.2.2 Objectifs de l'assurance-qualité et du contrôle de la qualité

Les objectifs de cette section portent sur l'assurance-qualité applicable à la confection, l'expédition, la manipulation et l'installation de tous les matériaux géosynthétiques. La qualité et la mise en place des matériaux de recouvrement sont également couvertes dans ce manuel.

Le diagramme général d'assurance-qualité est présenté à la section 12.

5 Les couches du géosynthétique enroulé ne sont pas parallèles aux extrémités du rouleau (extrémités qui ne sont donc pas perpendiculaires par rapport au mandrin).

6 Qui a été mandaté non pas pour la fourniture et livraison des géosynthétiques, mais seulement pour l'installation de ces géosynthétiques (ou mandaté pour la fourniture, livraison et installation des géosynthétiques; alors l'Entrepreneur spécialisé A est le même que l'Entrepreneur spécialisé B).

7 Sans s'y limiter, les frais encourus à l'Entrepreneur spécialisé B qui installe les géosynthétiques, au Maître de l'ouvrage et au Maître d'œuvre dont pour l'assurance-qualité, découlant d'une ou de problématiques de défauts visuels ou de rouleaux télescopiques.

1.2.3 Références

Cette section inclut des références aux normes ASTM, aux normes du Conseil canadien des normes et aux méthodes du GRI. Cette section est aussi basée sur certains documents techniques de US Environmental Protection Agency.

La liste complète des documents de référence est présentée à la section 13.

1.3 Intervenants

1.3.1 Généralités

La construction d'un système d'imperméabilisation et l'application du plan d'assurance-qualité requiert la participation de plusieurs intervenants.

1.3.2 Ingénieur ou le Maître d'oeuvre

Le Maître d'oeuvre est l'intervenant responsable du design, des dessins, des plans et devis et de la surveillance pour le système d'imperméabilisation.

1.3.3 Entrepreneur général

L'Entrepreneur général est l'intervenant responsable de l'excavation et/ou de la mise en place, de la finition de la surface sur laquelle le système d'imperméabilisation sera installé et peut aussi être responsable de la mise en place de matériaux (couche de protection) au-dessus du système d'imperméabilisation.

1.3.4 Manufacturier

Le Manufacturier est l'intervenant responsable de la production des géosynthétiques.

1.3.5 Installateur

L'Installateur est l'intervenant responsable au chantier du déchargement, de la manipulation, de l'entreposage, de la mise en place, des soudures, du chargement contre le soulèvement par le vent ainsi que des autres aspects relatifs à l'installation des géosynthétiques

1.3.6 Transporteur

Le Transporteur est responsable du transport entre la manufacture et le chantier.

1.3.7 Consultant en sols

Le Consultant en sols qui, normalement doit être indépendant du Propriétaire, du Manufacturier et de l'Installateur, est responsable de la surveillance, des différents essais et des rapports relatifs aux activités d'excavation et de préparation des surfaces d'assise. Le Consultant en sol est aussi responsable de fournir un rapport certifié par un ingénieur qualifié.

1.3.8 Laboratoire d'assurance-qualité

Le Laboratoire d'assurance-qualité pour les géosynthétiques est l'intervenant indépendant responsable des différents essais relatifs à la qualité des différents échantillons de géosynthétiques. Ce laboratoire indépendant doit être accrédité sur la portée des essais demandés en assurance-qualité pour les géosynthétiques, accréditations tels la GAI-LAP et CCN.

1.3.9 Maître de l'ouvrage ou Propriétaire

Le Maître de l'ouvrage ou Propriétaire est la personne physique ou morale pour le compte de qui les travaux sont exécutés.

1.3.10 Gérant de projet ou le Maître d'oeuvre

Le Gérant de projet est le représentant légal du Maître de l'ouvrage ou la personne physique désignée par le Maître de l'ouvrage pour le représenter dans l'exécution du contrat.

1.3.11 Consultant en assurance-qualité ou le Maître d'oeuvre

Le Consultant en assurance-qualité est l'intervenant responsable du programme d'assurance-qualité.

1.4 Visite et réunion

1.4.1 Réunion de pré-construction

Une réunion de pré-construction doit être tenue avant le début des travaux. Devront être présents à cette réunion, les intervenants suivants : l'Installateur (incluant le responsable de l'installation), le Maître d'oeuvre, le Consultant en sol, le Gérant de projet et le Consultant en assurance-qualité.

Le but de cette réunion est de planifier les différentes étapes, anticiper les problèmes qui peuvent entraîner des difficultés lors de la construction ou des délais dans l'échéancier et de présenter le plan d'assurance-qualité. Il est très important que tous les intervenants prennent connaissance de toutes les clauses, essais, réparations, etc., qui seront effectués durant l'installation.

Cette réunion doit inclure les activités suivantes :

- a) révision des détails du projet;
- b) révision des plans de déploiement fournis par l'Installateur des géomembranes;
- c) faire tous les changements appropriés au manuel de contrôle de la qualité de l'Installateur pour que celui-ci couvre toutes les activités du projet;
- d) établir un consensus sur les procédures d'assurance-qualité, plus spécifiquement sur les critères et les méthodes d'acceptation du système d'imperméabilisation;
- e) établir les responsabilités de chaque intervenant;
- f) établir les lignes d'autorité et de communication;
- g) préparer une cédule des opérations.

Le Maître d'oeuvre sera désigné pour prendre les minutes, fournir un procès-verbal de la réunion et le distribuer à toutes les personnes présentes.

1.4.2 Réunion de démarrage

La réunion de démarrage doit regrouper les intervenants suivants : l'Installateur, le Maître d'oeuvre, l'Entrepreneur général, le Consultant en sol, le Consultant en assurance-qualité et le Gérant de projet. Cette réunion doit se tenir avant le début des travaux de construction du système d'imperméabilisation et peut être combinée avec la réunion de pré-construction dans certains cas. Les points suivants sont discutés :

- a) réviser les responsabilités de chaque intervenant;
- b) réviser les lignes d'autorité et de communication;
- c) établir par qui et comment seront produits et distribués les différents rapports;
- d) établir qui sera autorisé à écrire sur la géomembrane et de quelle couleur;
- e) établir les procédures d'échantillonnage et d'expédition des échantillons;
- f) réviser la cédule des opérations;
- g) effectuer une visite du chantier et réviser les plans de déploiement;
- h) réviser les procédures de réparations.

Le Maître d'oeuvre prendra les minutes afin de fournir un procès-verbal de la réunion et le distribuer aux personnes présentes.

1.4.3 Réunion hebdomadaire

Une réunion hebdomadaire devra être tenue en la présence du Maître d'oeuvre, du Gérant de projet, de l'Installateur, de l'Entrepreneur général et tous les autres intervenants concernés.

Les points suivants doivent être discutés :

- a) révision des travaux de construction du système d'imperméabilisation;
- b) discussions sur les endroits ou situations problématiques.

2. Qualification du Manufacturier et de l'Installateur des géosynthétiques

Le Manufacturier et l'Installateur des géosynthétiques doivent démontrer qu'ils possèdent l'expérience et les ressources nécessaires pour la réalisation du projet.

L'Installateur doit fournir avant le début des travaux, les informations suivantes :

- a) les renseignements sur l'équipement et le personnel;
- b) un résumé des qualifications du contremaître et du maître soudeur;
- c) son programme d'autocontrôle de la qualité en chantier;
- d) les dessins d'atelier, les ancrages mécaniques et les plans d'assemblage (de déploiement);
- e) tout changement ou variation proposé par l'Installateur aux fins d'acceptation.

3. Certification et expédition des géosynthétiques

3.1 Certification en usine

3.1.1 Matériel de base des géomembranes

Le matériel de base utilisé dans la fabrication des géomembranes devra être de la résine de polyéthylène contenant au plus 2 % (en poids) de matières recyclées et rencontrant les exigences suivantes (GRI-GM13) :

- densité : 0,940 g/cm³ minimum selon la norme ASTM D792 Method A ou la norme ASTM D1505;
- indice de fusion « melt index » : 1,0 g/10 minutes maximum selon ASTM D1238.

La membrane doit comprendre au moins 97 % de résine de polyéthylène (selon ASTM D4976) , entre 2 % et 3 % de noir de carbone (selon ASTM D4218) avec une dispersion de catégorie 1, 2 ou 3 (selon ASTM D5596) et 1 % maximum d'additifs.

Des tests de contrôle de qualité doivent être effectués par le Manufacturier pour s'assurer que le matériel rencontre les exigences.

Avant le début des travaux, le fabricant devra fournir au Gérant de projet les informations suivantes :

- a) une copie des certificats de contrôle de qualité fournis par le fournisseur de résine au sujet de la densité et de l'indice de fusion « melt index » de la résine;
- b) un rapport sur les différents tests effectués par le fabricant.

3.1.2 Certification

Le Manufacturier devra fournir au Consultant en assurance-qualité, avant l'expédition, les certificats de conformité des rouleaux pour tous les paramètres suivants. Aucun rouleau ne sera déchargé au chantier avant que le Consultant en assurance-qualité n'ait pu examiner les certificats de conformité.

1. Géomembranes

Les propriétés qui doivent être testées en usine pour les géomembranes sont :

A) PROPRIÉTÉS DE BASE

1. L'épaisseur
2. La densité
3. La hauteur des aspérités (géomembrane texturée seulement)
4. Le contenu en noir de carbone
5. La dispersion du noir de carbone
6. L'indice de fusion
7. Le temps d'induction à l'oxydation

B) PROPRIÉTÉS COMPLÉMENTAIRES

1. La tension à la limite élastique (dans les deux sens : machine et travers)
2. La tension à la rupture (dans les deux sens : machine et travers)
3. L'élongation à la limite élastique (dans les deux sens : machine et travers)
4. L'élongation à la rupture (dans les deux sens : machine et travers)
5. La résistance à la perforation
6. La résistance à la déchirure
7. La résistance à la fissuration sous contrainte

Les rouleaux de géomembranes doivent provenir d'un nombre minime de lots différents. Si la fabrication des rouleaux date de plus de trois (3) mois, les rouleaux doivent être accompagnés d'une garantie écrite du Manufacturier décrivant et certifiant le lieu et la méthode d'entreposage. Les résultats exigés pour les propriétés sont présentés au point 3 de la section 3.3.1.

2. Géotextiles

Les propriétés qui doivent être testées en usine pour les géotextiles sont :

A) PROPRIÉTÉS DE BASE

1. L'épaisseur
2. La masse surfacique
3. L'ouverture de filtration
4. La perméabilité

B) PROPRIÉTÉS COMPLÉMENTAIRES

1. La résistance en tension (dans les deux sens : machine et travers)
2. L'allongement à la rupture (dans les deux sens : machine et travers)
3. La résistance à la déchirure (essai trapézoïdale) (dans les deux sens : machine et travers)
4. La résistance à l'éclatement (Mullen)
5. La résistance au poinçonnement

Les résultats exigés pour les propriétés sont présentés au point 3 de la section 3.3.2.

3. Géofilets

Les propriétés qui doivent être testées en usine pour les géofilets sont :

A) PROPRIÉTÉS DE BASE

1. L'épaisseur
2. La densité du polymère
3. Le contenu en noir de carbone
4. La masse par unité de surface

B) PROPRIÉTÉS COMPLÉMENTAIRES

1. L'allongement à la rupture (dans les deux sens : machine et travers)
2. La résistance en tension (dans les deux sens : machine et travers)
3. La transmissivité
4. La résistance en compression

Les résultats exigés pour les propriétés sont présentés au point 3 de la section 3.3.3.

4. Natte bentonitique

Les propriétés qui doivent être testées en usine pour la natte bentonitique sont :

A) PROPRIÉTÉS DE BASE

1. La masse par unité de surface de bentonite
2. La masse surfacique de chaque géotextile
3. La perméabilité
4. Le flux indicatif
5. La perte liquide de la bentonite
6. Le taux d'humidité de la bentonite
7. L'indice de gonflement (Swell Index)

B) PROPRIÉTÉS COMPLÉMENTAIRES

1. La résistance à la tension
2. La résistance à la délamination (pelage)
3. La résistance au cisaillement interne

Les résultats exigés pour les propriétés sont présentés au point 3 de la section 3.3.4.

5. Géogrille de renforcement (sans objet)

A) PROPRIÉTÉS DE BASE

1. Le contenu en noir de carbone
2. Résistance en traction

B) PROPRIÉTÉS COMPLÉMENTAIRES

1. Tension à 2 % de déformation
2. Tension à 5 % de déformation
3. Module sécant
4. Résistance aux jonctions

Les résultats exigés pour les propriétés sont présentés au point 3 de la section 3.3.5.

3.1.3 Fabrication

Les Manufacturiers de géosynthétiques devront fournir au Gérant de projet les documents suivants :

- a) un tableau des propriétés des géosynthétiques incluant, au minimum, les résultats pour les propriétés spécifiées et les procédures pour les différents tests;
- b) une liste des différents polymères entrant dans la fabrication des géosynthétiques;

- c) les procédures d'échantillonnage et la fréquence;
- d) un certificat garantissant que les géosynthétiques rencontrent les propriétés exigées.

Le Gérant de projet doit s'assurer :

- a) que tous les géosynthétiques rencontrent les spécifications;
- b) que les méthodes pour tester les géosynthétiques en usine sont bel et bien conformes.

3.1.4 Rouleaux

Avant la réception des rouleaux de géosynthétiques, les Manufacturiers doivent fournir au Gérant de projet un certificat de contrôle de la qualité signé par la personne responsable. Ces certificats devront inclure :

L'identification du type de géosynthétique et le numéro du rouleau :

- a) le résultat des tests de contrôle de la qualité.

Le Manufacturier devra identifier les rouleaux avec :

- a) le nom du Manufacturier;
- b) le type de géosynthétique;
- c) l'épaisseur du géosynthétique;
- d) le numéro de rouleau;
- e) les dimensions du rouleau;
- f) la date de fabrication.

3.2 Livraison des géosynthétiques

L'Installateur est responsable du transport, de la réception au chantier, du déchargement et de l'entreposage des géosynthétiques.

3.2.1 Identification des rouleaux

Chaque rouleau ou ballot doit être identifié à l'aide d'une étiquette et porter, entre autres, le nom du fabricant, le type de géosynthétiques, le numéro du rouleau et les dimensions. Lors du déchargement, tous les rouleaux qui n'auront pas d'étiquette seront mis à l'écart et l'Entrepreneur sera responsable de fournir et de prouver au Consultant en assurance-qualité l'identification réelle des rouleaux, sinon ils pourront être refusés.

3.2.2 Transport

Les rouleaux de géosynthétiques doivent être emballés et transportés de façon appropriée pour éviter tout dommage. La livraison est sous la responsabilité de l'Installateur. L'Installateur a la responsabilité de s'assurer que le Transporteur utilise les bons équipements de manière à permettre un déchargement des géosynthétiques évitant de les endommager. Le Consultant en assurance-qualité pourra exiger qu'un transporteur soit retourné, avant son déchargement, s'il n'est pas possible de l'effectuer avec la machinerie disponible au chantier.

3.2.3 Réception

Le déchargement et l'entreposage des matériaux géosynthétiques sont sous la responsabilité de l'Installateur. Advenant le cas où les géosynthétiques sont livrés avant l'arrivée du personnel de l'Installateur, l'Entrepreneur général doit obtenir l'autorisation écrite de l'Installateur pour procéder au déchargement; il devient alors responsable du déchargement.

Le matériel, une fois déchargé, sera déposé soit sur :

1. une surface molle et libre de tous débris pouvant endommager les géosynthétiques;
2. des supports adéquats conçus pour protéger les géosynthétiques.

Les points suivants devront être vérifiés avant le déchargement :

- a) s'assurer que l'équipement utilisé pour le déchargement ne risque pas d'endommager les géosynthétiques;
- b) s'assurer que le personnel manipule les rouleaux avec précaution.

À l'arrivée des géosynthétiques, l'Installateur devra procéder à une inspection visuelle pour détecter les défauts de surface.

3.2.4 Entreposage

L'Entrepreneur général devra prévoir avec le Maître d'oeuvre, sur le chantier, un endroit adéquat pour entreposer les géosynthétiques. Cet endroit doit être choisi de manière à minimiser le transport et les manipulations sur le chantier. L'espace d'entreposage doit être protégé du vandalisme, du passage des véhicules, être sec et protéger des accumulations d'eau causées par le ruissellement; de plus, il devra être situé à proximité de la surface de travail.

Les rouleaux doivent être empilés de façon à respecter les recommandations des Manufacturiers. Les rouleaux de natte bentonitique et de géotextile doivent demeurer enroulés et dans leur emballage de livraison jusqu'à leur installation afin de les protéger contre le rayonnement solaire direct, les rayons ultraviolets, la chaleur excessive, la boue, la terre, les poussières, les débris et les rongeurs. Si l'emballage d'un rouleau est endommagé et que le géosynthétique semble altéré, le Consultant en assurance-qualité pourra faire enlever la portion de géosynthétiques endommagés et/ou exiger des analyses de certaines propriétés aux frais de l'Installateur pour accepter le rouleau concerné.

Dans le cas du géofilet, l'Installateur doit s'assurer d'empiler les rouleaux de manière à éviter toute déformation de ces derniers, et ce, afin de faciliter l'installation des géomembranes sus-jacente et d'éviter le déplacement du géofilet lors des opérations de déploiement de cette même géomembrane.

3.3 Certification au chantier

Lors de la livraison des géosynthétiques, le Consultant en assurance-qualité prélèvera divers échantillons, selon le type de géosynthétiques, pour faire vérifier par un Laboratoire d'assurance-qualité indépendant et accrédité (sur la portée des essais demandés en assurance qualité pour les géosynthétiques, accréditations tels la GAI-LAP et CCN) les propriétés requises selon le type de géosynthétiques. Les méthodes de prélèvements tiennent compte des recommandations des normes ASTM D4354 et ASTM D6072 ainsi que des exigences du laboratoire pour la réalisation des essais.

L'Installateur doit prendre en considération que le délai minimal de certification des géosynthétiques avant d'autoriser leur déploiement est de sept jours de calendrier.

À la demande du Consultant en assurance-qualité, l'Installateur devra fournir la machinerie et/ou la main-d'œuvre nécessaire au prélèvement des géosynthétiques. Avant même le début des livraisons au chantier, l'Installateur devra informer le Consultant en assurance-qualité sur les caractéristiques des géosynthétiques à recevoir au chantier (numéros de lots, nombre de rouleaux par lot) dans le but de favoriser un échantillonnage représentatif des géosynthétiques.

La fréquence d'échantillonnage des géosynthétiques est d'un échantillon par tranche de 10 000 m² ou d'un échantillon par lot. Par exemple, pour un même lot, si la superficie totale est inférieure à 10 000 m², un seul échantillon doit être prélevé et dans le cas où la superficie se situe entre 10 000 m² et 20 000 m², 2 échantillons sont nécessaires.

Aux fins de la présente, un lot est constitué d'un groupe de rouleaux numérotés de façon successive et provenant de la même machine de fabrication. Chaque lot doit être constitué d'une quantité minimale de 10 000 m² de géosynthétiques jusqu'à concurrence de la quantité totale à fournir pour les travaux. Si cette exigence n'est pas respectée et que l'Installateur fournit de petites quantités par lot, les essais sur les échantillons supplémentaires dus au grand nombre de lots seront à ses frais.

Lors de la livraison ou encore lors de l'installation des géosynthétiques, s'il est noté que la composition d'un géosynthétique n'est visuellement pas uniforme et/ou présente des discontinuités, le Maître de l'ouvrage pourra refuser le produit à sa seule discrétion : le suivi et les essais supplémentaires en découlant seront alors à la charge de l'Entrepreneur.

3.3.1 Géomembranes

1. Échantillonnage

L'échantillon sera prélevé au début du rouleau et soumis à des essais en laboratoire. Les dimensions de l'échantillon seront de 0,9 m de longueur sur toute la largeur du rouleau.

2. Essais en laboratoire

Les résultats seront envoyés au Consultant en assurance-qualité pour analyse et pour déterminer si les géomembranes sont conformes ou non.

A) ESSAIS DE BASE : Identification du produit

1. L'épaisseur nominale et minimale
2. La densité
3. Le contenu en noir de carbone
4. La dispersion de noir de carbone
5. La hauteur des aspérités (pour la géomembrane texturée)

B) INDICES DE RÉSISTANCE

1. La résistance à la tension (dans les deux sens : machine et travers)
 - À la limite élastique
 - À la rupture
2. L'élongation (dans les deux sens : machine et travers)
 - À la limite élastique
 - À la rupture
3. La résistance aux contraintes environnementales

C) ESSAIS DE PERFORMANCE

1. La résistance à la perforation

D) ESSAIS DE DURABILITÉ

1. Le temps d'induction à l'oxydation

Le Consultant en assurance-qualité peut exiger ces essais en tout ou en partie.

3. Résultats

Le tableau suivant présente les exigences pour les géomembranes PEHD et PEBD.

Les résultats sont conformes lorsqu'au moins quatre (4) valeurs individuelles sur cinq (5) sont conformes aux exigences demandées.

Si les résultats ne sont pas conformes, le lot doit être rejeté au complet à moins que l'Installateur décide de faire tester à nouveau d'autres échantillons du même lot. Dans ce cas, un échantillon est prélevé sur les rouleaux précédents et suivants le rouleau défectueux. Pour chacun des échantillons, tous les paramètres énumérés à l'article 3.3.1.2 de la présente section sont testés au Laboratoire au frais de l'Installateur. Le Consultant en assurance-qualité peut exiger ces essais en tout ou en partie.

Si les résultats démontrent que les deux (2) rouleaux sont conformes, le lot est accepté à l'exception du rouleau défectueux.

Si le rouleau précédent passe les essais mais que le rouleau suivant le rouleau défectueux n'est pas conforme, alors seulement les rouleaux précédents sont acceptés et l'inverse si le rouleau suivant passe mais que le rouleau précédent échoue les essais.

Seuls les rouleaux conformes et spécifiquement identifiés par le Consultant en assurance-qualité pourront être déployés.

GÉOMEMBRANES PEHD							
PROPRIÉTÉ	NORME	UNITÉS	Exigences		REMARQUES		
			PEHD lisse	PEHD texturée			
IDENTIFICATION	Épaisseur moyenne	ASTM D5199	mm	1,5	---		
		ASTM D5994	mm	---	1,43		
	Épaisseur minimale	ASTM D5199	mm	1,35	---	Les dix (10) résultats doivent être supérieurs	
		ASTM D5994	Mm	---	1,35	Huit (8) résultats sur dix (10) doivent être supérieurs	
			mm	---	1,28	Les dix (10) résultats doivent être supérieurs	
	Densité	ASTM D792 Method A	g/cm ³	0,94	0,94		
	Contenu en noir de carbone	ASTM D1603	%	2 à 3	2 à 3		
	Dispersion du noir de carbone	ASTM D5596	catégorie	1,2 ou 3	1,2 ou 3	Sur 10 résultats, 9 dans les catégories 1 ou 2 et 1 dans la catégorie 3	
Hauteur des aspérités	GRI GM12	mm	---	0,25			
DURABILITE	Temps d'induction à l'oxydation	ASTM D3895	minutes	100	100	Permet de vérifier la dégradation dans le temps du produit et déterminer sa durée de vie	
INDICES DE RÉSISTANCE	Tension à la limite élastique	ASTM D6693	kN/m	22	22		
	Tension à la rupture		kN/m	40	16		
	Élongation à la limite élastique	ASTM D6693	%	12	12		
	Élongation à la rupture		%	700	100		
	Résistance aux contraintes environnementales	ASTM D5397	h	300	300		
PERFORMANCE	Résistance à la perforation	ASTM D4833	N	480	400	Simule de comportement de la membrane contre la perforation par des pierres ou débris lorsqu'elle est soumise à une charge	
SOUDURES	Cisaillement	Résistance	ASTM D6392	kN/m	21,0	21,0	La rupture ne doit pas survenir au niveau de la soudure.
		Élongation à la rupture		lb/po	120,0	120,0	
	Pelage	Soudure par fusion	ASTM D6392	kN/m	15,9	15,9	
		Soudure par extrusion		lb/po	91,0	91,0	
Séparation de la soudure		lb/po		13,6	13,6		
			%	≤ 25	≤ 25		

NOTE : Sauf indication contraire, les valeurs correspondent aux valeurs minimales acceptables

GÉOMEMBRANES PEBD							
PROPRIÉTÉ	NORME	UNITÉS	Exigences		REMARQUES		
			PEBD lisse	PEBD texturée			
IDENTIFICATION	Épaisseur moyenne	ASTM D5199	mm	1,0	---		
		ASTM D5994	mm	---	0,95		
	Épaisseur minimale	ASTM D5199	mm	0,90	---	Les dix (10) résultats doivent être supérieurs	
		ASTM D5994	mm	---	0,90	Huit (8) résultats sur dix (10) doivent être supérieurs	
			mm	---	0,85	Les dix (10) résultats doivent être supérieurs	
	Densité	ASTM D792 Method A	g/cm ³	<0,939	<0,939		
	Contenu en noir de carbone	ASTM D1603	%	2 à 3	2 à 3		
	Dispersion du noir de carbone	ASTM D5596	catégorie	1,2 ou 3	1,2 ou 3	Sur 10 résultats, 9 dans les catégories 1 ou 2 et 1 dans la catégorie 3	
Hauteur des aspérités	GRI GM12	mm	---	0,25			
DURABILITÉ	Temps d'induction à l'oxydation	ASTM D3895	minutes	100	100	Permet de vérifier la dégradation dans le temps du produit et déterminer sa durée de vie	
INDICES DE RÉSISTANCE	Tension à la limite élastique	ASTM D6693	kN/m	---	---		
	Tension à la rupture		kN/m	27	11		
	Élongation à la limite élastique	ASTM D6693	%	---	---		
	Élongation à la rupture		%	800	250		
	Résistance aux contraintes environnementales	ASTM D5397	h	---	---		
PERFORMANCE	Résistance à la perforation	ASTM D4833	N	250	200	Simule de comportement de la membrane contre la perforation par des pierres ou débris lorsqu'elle est soumise à une charge	
SOUDURES	Cisaillement	Résistance	ASTM D6392	kN/m	10,5	10,5	La rupture ne doit pas survenir au niveau de la soudure.
		Élongation à la rupture		lb/po	60,0	60,0	
	Pelage	Soudure par fusion	ASTM D6392	kN/m	8,8	8,8	
		Soudure par extrusion		lb/po	50,0	50,0	
Séparation de la soudure		kN/m		7,6	7,6		
			lb/po	44,0	44,0		
			%	≤ 25	≤ 25		
NOTE : Sauf indication contraire, les valeurs correspondent aux valeurs minimales acceptables							

4. Application des types de géomembranes

Sans s'y limiter, voici les principales applications des géomembranes :

- PEHD lisse : géomembrane utilisée principalement comme barrière imperméable pour le 1^{er} et 2^e niveau d'étanchéité pour les cellules d'enfouissement;
- PEHD texturée : géomembrane utilisée principalement comme barrière imperméable pour les bassins d'accumulation;
- PEBD lisse : géomembrane utilisée principalement comme barrière imperméable au niveau du toit pour le recouvrement final;
- PEBD texturée : géomembrane utilisée principalement comme barrière imperméable au niveau des talus pour le recouvrement final.

3.3.2 Géotextile

1. Échantillonnage

L'échantillon sera prélevé au début du rouleau et soumis à des essais en laboratoire. Les dimensions de l'échantillon seront de 0,9 m de longueur sur toute la largeur du rouleau.

2. Essais en laboratoire

Les résultats seront envoyés au Consultant en assurance-qualité pour analyse et pour déterminer si les géotextiles sont conformes ou non.

A) ESSAIS DE BASE : Identification du produit

1. L'épaisseur
2. La masse par unité de surface
3. L'ouverture de filtration

B) INDICES DE RÉSISTANCE

1. La tension à la rupture (dans les deux sens : machine et travers)

C) ESSAIS DE PERFORMANCE

1. La résistance à la perforation (au poinçonnement)
2. La résistance à l'éclatement Mullen

D) PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES

1. La perméabilité

Le Consultant en assurance-qualité peut exiger ces essais en tout ou en partie.

3. Résultats

Le tableau suivant présente les exigences pour les géotextiles.

Les résultats sont conformes lorsqu'au moins quatre (4) valeurs individuelles sur cinq (5) sont conformes aux exigences demandées.

Si les résultats ne sont pas conformes, le lot doit être rejeté au complet à moins que l'Installateur décide de faire tester à nouveau d'autres échantillons du même lot. Dans ce cas, un échantillon est prélevé sur les rouleaux précédents et suivants le rouleau défectueux. Pour chacun des échantillons, tous les paramètres énumérés à l'article 3.3.2.2 de la présente section sont testés au Laboratoire au frais de l'Installateur. Le Consultant en assurance-qualité peut exiger ces essais en tout ou en partie.

Si les résultats démontrent que les deux (2) rouleaux sont conformes, le lot est accepté à l'exception du rouleau défectueux.

Si le rouleau précédent passe les essais mais que le rouleau suivant le rouleau défectueux n'est pas conforme, alors seulement les rouleaux précédents sont acceptés et l'inverse si le rouleau suivant passe mais que le rouleau précédent échoue les essais.

Seuls les rouleaux conformes et spécifiquement identifiés par le Consultant en assurance-qualité pourront être déployés.

GÉOTEXTILES									
PROPRIÉTÉ	NORME	UNITÉS	EXIGENCES				REMARQUE		
			TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3	TYPE 4			
IDENTIFICATION	Épaisseur minimale	CAN 148.1 N° 3	mm	3,5	2,6	1,1	5,8		
	Masse par unité de surface minimale	CAN 148.1 N° 2	g/m ²	450	---	190	975		
	Ouverture de filtration (F.O.S.)	CAN 148.1 N° 10	microns	40-80	450-900	75-115	40-70		
RÉSISTANCES	Tension à la rupture (essai d'arrachement) - moyenne - minimale	CAN 148.1 N° 7.3	N	1 650 1 450	160 120	575 530	2 850 2 500	Vérifie la résistance du géotextile pour son utilisation spécifique	
	Allongement à la rupture	CAN 148.1 N° 7.3	%	70-110	---	45-105	65-105		
PERFORMANCE	Résistance à la perforation minimale (poinçonnement)	ASTM D4833 CAN 4.2 N° 11.2	N N	900 ---	---	---	---	Simule le comportement du géotextile contre la perforation des pierres ou débris lorsqu'il est soumis à une charge	
	Résistance à l'éclatement (Mullen) - moyenne - minimale	CAN 4.2 N° 11.1	kPa	3 900 3 500	1 100 700	1 850 1 550	---	7 000	Simule le comportement du géotextile séparant une pierre nette d'un autre granulaire et soumis à la circulation de véhicules
	Déchirure amorcée (Méthode trapézoïdale) - moyenne - minimale	CAN 4.2 N° 12.2	N	700 600	---	275 235	1 300 1 050		
HYDRAULIQUE	Perméabilité minimale	CAN 148.1 N° 4	cm/sec	0,25	1,0	0,13	0,18		
	Permittivité	ASTM D4491	s ⁻¹	---	11,5	---	---	Vérifie la capacité de filtration du géotextile	

NOTE : Sauf indication contraire, les valeurs correspondent aux valeurs minimales acceptables

GÉOTEXTILES (SUITE)							
PROPRIÉTÉ	NORME	UNITÉS	EXIGENCES			REMARQUE	
			TYPE 5		TYPE 6		
			Drain	CONDUITE 320 KPA			
IDENTIFICATION	Épaisseur minimale	CAN 148.1 N° 3	mm	---	---	1,4	
	Masse par unité de surface minimale	CAN 148.1 N° 2	g/m ²	---	---	---	
	Ouverture de filtration (F.O.S.)	CAN 148.1 N° 10	microns	90-170	90-150	45-90	
RÉSISTANCES	Tension à la rupture (essai d'arrachement) - moyenne - minimale	CAN 148.1 N° 7.3	N	---	---	825 755	Vérifie la résistance du géotextile pour son utilisation spécifique
	Allongement à la rupture	CAN 148.1 N° 7.3	%	70-150	15 (minimum)	45-105	
PERFORMANCE	Résistance à la perforation minimale (poinçonnement)	ASTM D4833 CAN 4.2 N° 11.2	N N	---	---	---	Simule le comportement du géotextile contre la perforation des pierres ou débris lorsqu'il est soumis à une charge
	Résistance à l'éclatement (Mullen) - minimale	CAN 4.2 N° 11.1	kPa	---	---	2250	Simule le comportement du géotextile séparant une pierre nette d'un autre granulaire et soumis à la circulation de véhicules
	Déchirure amorcée (Méthode trapézoïdale) - moyenne - minimale	CAN 4.2 N° 12.2	N	---	---	375 325	
HYDRAULIQUE	Perméabilité minimale	CAN 148.1 N° 4	cm/sec	0,2	---	0,11	
	Permittivité	ASTM D4491	s ⁻¹	---	---	---	

NOTE : Sauf indication contraire, les valeurs correspondent aux valeurs minimales acceptables

4. Application des types de géotextiles

Sans s'y limiter, voici les principales applications des géotextiles :

Géotextile de protection type 1 : géotextile cousu aux joints

- (T1-1) : géotextile de protection des géomembranes des CET installé sous la couche de drainage;
- (T1-2) : géotextile supplémentaire de 1,75 m de largeur centré sous les conduites secondaires 1^{er} niveau;
- (T1-3) : géotextile supplémentaire de 3,5 m de largeur (sauf aux traverses de barrières imperméables; prévoir 7 m de largeur car un minimum de 5,65 m requis) centré sous les conduites principales 2^e niveau;
- (T1-4) : géotextile supplémentaire de 3,5 m de largeur (sauf aux traverses de barrières imperméables; prévoir 7 m de largeur car un minimum de 6,25 m requis) centré sous les conduites principales 2^e niveau;
- (T1-5) : géotextile supplémentaire de 3,5 m de largeur aux traverses de barrières imperméables;
- (T1-6) : géotextile supplémentaire de 3,5 m de largeur aux traverses de barrières imperméables;
- (T1-7) : géotextile supplémentaire de 3,5 m de largeur aux traverses de barrières imperméables.

Géotextile de séparation type 2

- Géotextile utilisé pour ceinturer l'empierrement type 3 enrobant les conduites secondaires 1^{er} niveau.

Géotextile type 3 : géotextile chevauché

- Géotextile de protection supplémentaire installé à la fin des géosynthétiques à la limite des cellules.
- Géotextile de séparation installé sous les perrés.
- Géotextile de séparation installé entre la couche drainante et la clé d'ancrage.

Géotextile de protection type 4

- Géotextile de protection des géomembranes des bassins installé sous la couche drainante.

Géotextile de filtration type 5

Drain

- Géotextile installé autour des drains certifiés NQ 3624-115.

Conduite R320 kPa

- Géotextile installé autour des conduites R320 kPa certifiées NQ 3624-120.

Géotextile de séparation type 6 : géotextile cousu aux joints

- Géotextile installé dans le recouvrement final entre la couche de terre végétale et la couche de matériaux drainants.

3.3.3 Géofilet

1. Échantillonnage

L'échantillon sera prélevé au début du rouleau et soumis à des essais en laboratoire. Les dimensions de l'échantillon seront de 0,9 m de longueur sur toute la largeur du rouleau.

2. Essais en laboratoire

Les résultats seront envoyés au Consultant en assurance-qualité pour analyse et pour déterminer si les géofilets sont conformes ou non.

A) ESSAIS DE BASE : Identification du produit

1. L'épaisseur
2. La densité du polymère
3. Le contenu en noir de carbone
4. La masse surfacique

B) ESSAIS DE PERFORMANCE

1. La résistance en tension (dans les deux sens : machine et travers)
2. La résistance en compression

C) PROPRIÉTÉ HYDRAULIQUE

1. La transmissivité

Le Consultant en assurance-qualité peut exiger ces essais en tout ou en partie.

3. Résultats

Le tableau suivant présente les exigences pour le géofilet.

Les résultats sont conformes lorsqu'au moins quatre(4) valeurs individuelles sur cinq (5) sont conformes aux exigences demandées.

Si les résultats ne sont pas conformes, le lot doit être rejeté au complet à moins que l'Installateur décide de faire tester à nouveau d'autres échantillons du même lot. Dans ce cas, un échantillon est prélevé sur les rouleaux précédents et suivants le rouleau défectueux. Pour chacun des échantillons, tous les paramètres énumérés à l'article 3.3.3.2 de la présente section sont testés au Laboratoire au frais de l'Installateur. Le Consultant en assurance-qualité peut exiger ces essais en tout ou en partie.

Si les résultats démontrent que les deux (2) rouleaux sont conformes, le lot est accepté à l'exception du rouleau défectueux.

Si le rouleau précédent passe les essais mais que le rouleau suivant le rouleau défectueux n'est pas conforme, alors seulement les rouleaux précédents sont acceptés et l'inverse si le rouleau suivant passe mais que le rouleau précédent échoue les essais.

Seuls les rouleaux conformes et spécifiquement identifiés par le Consultant en assurance-qualité pourront être déployés.

GÉOFILET					
PROPRIÉTÉ		NORME	UNITÉS	EXIGENCES	REMARQUES
IDENTIFICATION	Densité du polymère ou poids volumique	ASTM D792 Method A	g/cm ³	≥ 0,94	
	Contenu en noir de carbone	ASTM D1603	%	2	
	Épaisseur	ASTM D5199	mm	5,0	
	Masse surfacique	ASTM D5261	g/m ²	790	
PERFORMANCE	Résistance en compression	ASTM D6364	kPa	650	
	Résistance en tension (bande large)	ASTM D4595	kN/m	7,35	
HYDRAULIQUE	Transmissivité à la contrainte de service (gradient 0,25 à 479 kPa)	ASTM D4716	m ² /s	2 x 10 ⁻³	
NOTE : Sauf indication contraire, les valeurs correspondent aux valeurs minimales acceptables					

4. Application des types de géofilets

Sans s'y limiter, voici les principales applications des géofilets :

- **N1** : géofilet servant de système de détection de fuite installé à l'intérieur de la barrière imperméable, sur la géomembrane 2^e niveau.
- **N2** : géofilet supplémentaire installé sur le géofilet (N1), et ce, sur toute la longueur de la cellule, centré par rapport à la conduite secondaire 1^{er} niveau. Ce géofilet, d'une largeur de 2200 mm, sert à diriger le lixiviat 2^e niveau vers le collecteur principal.
- **N3** : géofilet supplémentaire identique au type N2 et installé au-dessus de celui-ci.
- **N4** : géofilet supplémentaire (2000 mm x 2000 mm) installé au-dessus des géofilets N1 à N3, à l'approche de la tranchée de la conduite principale de 2^e niveau, centré sous la conduite secondaire 1^{er} niveau.
- **N5** : géofilet supplémentaire identique au type N4 et installé au-dessus de celui-ci.

3.3.4 Natte bentonitique

1. Échantillonnage

La procédure d'échantillonnage pour un rouleau de natte bentonitique est illustrée à la figure 1 et se réalise de la façon suivante :

- Étape 1 : Sur une plate-forme (propre et sec), enlever avec soin le plastique de protection qui recouvre la natte bentonitique.

Dérouler un tour complet de la natte bentonitique et couper sur toute la largeur.

- Étape 2 : Mesurer (max. 900 mm) en direction du rouleau et couper sur toute la largeur.

Manipuler avec soin la bande de 900 mm et la déposer sur le rouleau.

- Étape 3 : À l'aide d'un ruban adhésif de 50 mm sceller les deux (2) coupes sur toute la largeur de l'échantillon.

Note : règle générale, le ruban sera de type « duck tape gris », car il offre une meilleure adhérence sur les géotextiles.

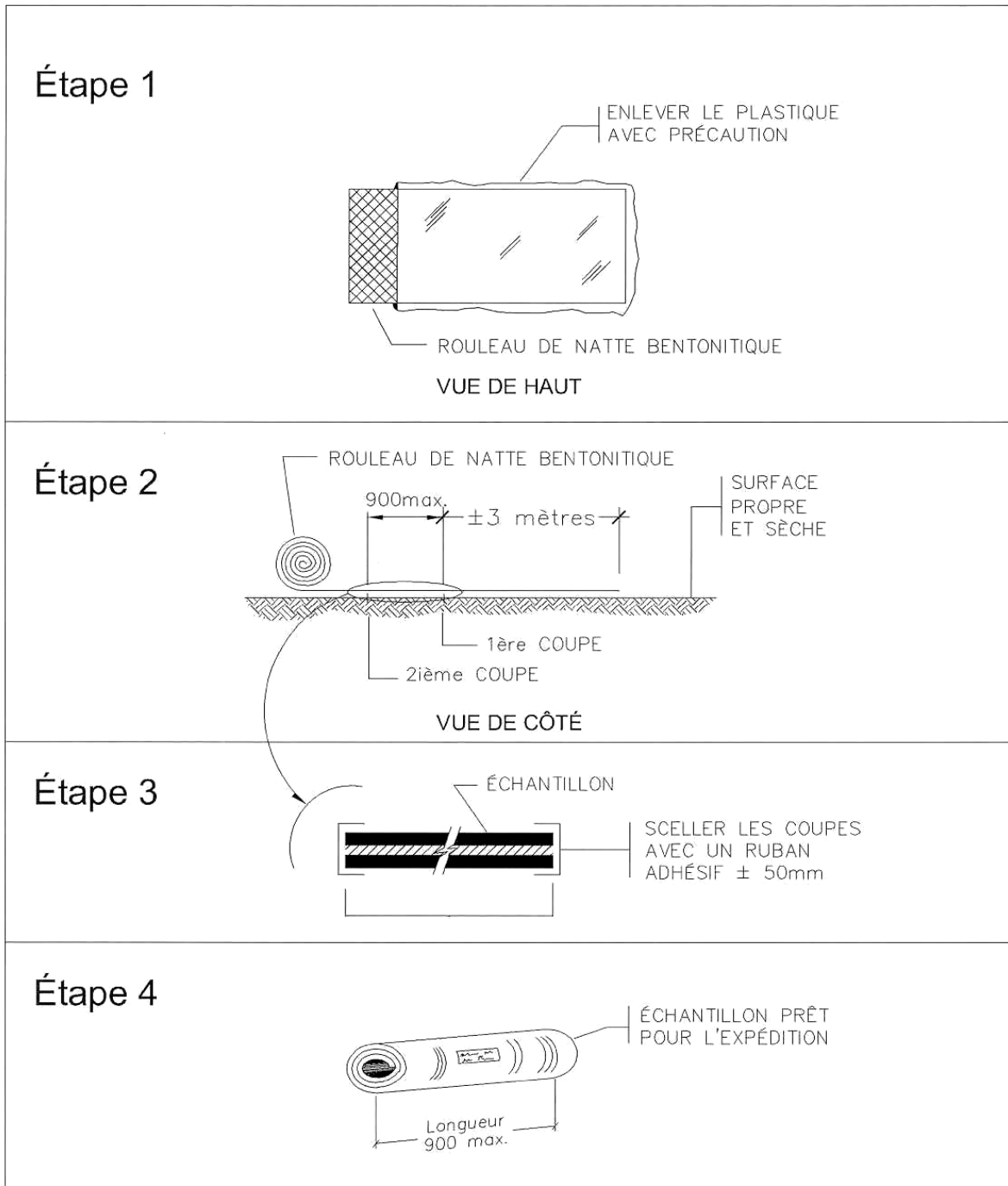
- Étape 4 : Après l'opération de scellement, rouler l'échantillon et le tenir en place à l'aide d'un adhésif approprié.

Note : Une manipulation trop fréquente de l'échantillon détache la poudre de bentonite des géosynthétiques ce qui a pour effet de fausser les résultats d'analyse et de rendre difficile le scellement des extrémités.

Mettre l'échantillon dans un sac de plastique, fermer hermétiquement et l'expédier au Laboratoire.

Remettre la bande restante de la natte bentonitique (± 3 mètres) sur le rouleau et replacer le plastique de protection.

Figure 1 Procédure d'échantillonnage pour la natte bentonitique.



2. Essais en laboratoire

Les résultats seront envoyés au Consultant en assurance-qualité pour analyse pour déterminer si les nattes bentonitiques sont conformes ou non.

- A) ESSAIS DE BASE : Identification du produit
 - 1. La masse par unité de surface de bentonite
 - 2. La masse surfacique de chaque géotextile
 - 3. L'indice de gonflement
 - 4. Le volume de filtrat
- B) ESSAIS DE PERFORMANCE
 - 1. La résistance à la tension (bande large)
 - 2. La résistance à la délamination (pelage)
 - 3. La résistance au cisaillement interne
- C) PROPRIÉTÉ HYDRAULIQUE
 - 1. Le flux indicatif

3. Résultats

Le tableau suivant présente les exigences pour la natte bentonitique.

Les résultats sont conformes lorsqu'au moins quatre (4) valeurs individuelles sur cinq (5) sont conformes aux exigences demandées.

Si les résultats ne sont pas conformes, le lot doit être rejeté au complet à moins que l'Installateur décide de faire tester à nouveau d'autres échantillons du même lot. Dans ce cas, un échantillon est prélevé sur les rouleaux précédents et suivants le rouleau défectueux. Pour chacun des échantillons, tous les paramètres énumérés à l'article 3.3.4.2 de la présente section sont testés au laboratoire au frais de l'Installateur. Le Consultant en assurance-qualité peut exiger ces essais en tout ou en partie.

Si les résultats démontrent que les deux (2) rouleaux sont conformes, le lot est accepté à l'exception du rouleau défectueux.

Si le rouleau précédent passe les essais mais que le rouleau suivant le rouleau défectueux n'est pas conforme, alors seulement les rouleaux précédents sont acceptés et l'inverse si le rouleau suivant passe mais que le rouleau précédent échoue les essais.

Seuls les rouleaux conformes et spécifiquement identifiés par le Consultant en assurance-qualité pourront être déployés.

NATTE BENTONITIQUE					
PROPRIÉTÉ		NORME	UNITÉS	EXIGENCES	REMARQUES
IDENTIFICATION	Masse surfacique de la couche inférieure	ASTM D5261	g/m ²	- 105 (tissé) ou - 200 (non-tissé)	- géotextile tissé ou - géotextile non tissé renforcé (<i>scrim reinforced nonwoven geotextile</i>)
	Masse surfacique de la couche supérieure		g/m ²	200	géotextile non tissé en fibre de polypropylène
	Masse surfacique de la couche intermédiaire	ASTM D5993	g/m ²	4 340	bentonite de sodium en poudre ou en granule
	Gonflement de la bentonite	ASTM D5890	ml/2g	24	minimum
	Volume de filtrat	ASTM D5891	ml	18	maximum
PERFORMANCE	Résistance à la tension - Résistance	ASTM D4632	N	420	
	- Élongation au premier pic	ASTM D4632	%	≤ 25	
	Résistance à la délamination (pelage)	ASTM D4632	N	66	Simule le détachement des géotextiles lors du gonflement de la bentonite
	Résistance au cisaillement interne	ASTM D6243	kPa	24	Simule le comportement de la natte lorsqu'elle est mise en place dans les pentes
HYDRAULIQUE	Flux indicatif	ASTM D5887	m ³ /m ² /sec	1 x 10 ⁻⁸	maximum

NOTE : Sauf indication contraire, les valeurs correspondent aux valeurs minimales acceptables

4. Application des types de natte bentonitique

Sans s'y limiter, voici les principales applications de natte bentonitique :

- B1 : natte bentonitique installée sous la géomembrane PEHD 2^e niveau.
- B2 : natte bentonitique supplémentaire installée aux barrages d'étanchéité.

3.3.5 Géogrille de renforcement (SANS OBJET)

1. Échantillonnage

L'échantillon sera prélevé sur une longueur minimale de trois mètres.

2. Essai en laboratoire

Les résultats seront envoyés au Consultant en assurance-qualité pour analyse pour déterminer si les géogrilles de renforcement sont conformes.

1. Résistance en tension à 5 % de déformation.
2. Résistance en tension à l'ultime.
3. Résistance aux jonctions.

3. Résultats

Le tableau suivant présente les exigences pour les géogrilles.

Les résultats sont conformes lorsqu'au moins quatre (4) valeurs individuelles sur cinq (5) sont conformes aux exigences demandées.

Si les résultats ne sont pas conformes, le lot doit être rejeté au complet à moins que l'Installateur décide de faire tester à nouveau d'autres échantillons du même lot. Dans ce cas, un échantillon est prélevé sur les rouleaux précédents et suivants le rouleau défectueux. Pour chacun des échantillons, tous les paramètres énumérés à l'article 3.3.5.2 de la présente section sont testés au Laboratoire au frais de l'Installateur. Le Consultant en assurance-qualité peut exiger ces essais en tout ou en partie.

Si les résultats démontrent que les deux (2) rouleaux sont conformes, le lot est accepté à l'exception du rouleau défectueux.

Si le rouleau précédent passe les essais mais que le rouleau suivant le rouleau défectueux n'est pas conforme, alors seulement les rouleaux précédents sont acceptés et l'inverse si le rouleau suivant passe mais que le rouleau précédent échoue les essais.

Seuls les rouleaux conformes et spécifiquement identifiés par le Consultant en assurance-qualité pourront être déployés.

GÉOGRILLE				
PROPRIÉTÉ	NORME	UNITÉS	EXIGENCES	REMARQUES
Résistance en tension à 5 % déformation	ASTM D6637 Méthode A	kN/m	58	
Résistance en tension à l'ultime		kN/m	144	
Résistance aux jonctions	GRI-GG2	kN/m	135	

NOTE : Sauf indication contraire, les valeurs correspondent aux valeurs minimales acceptables

3.4 Tranchée d'ancrage

La tranchée d'ancrage doit être excavée par l'Entrepreneur général selon les plans et devis avant le déploiement des géosynthétiques.

Si la tranchée d'ancrage est excavée dans un sol sensible à la dessiccation, on doit excaver la tranchée d'ancrage seulement pour la partie nécessaire au déploiement de la membrane dans une journée pour minimiser la dessiccation des sols.

Éviter de faire des plis dans la géomembrane lorsqu'elle sera disposée dans la tranchée d'ancrage. Il est interdit d'utiliser des piquets comme système d'ancrage temporaire des géosynthétiques.

La mise en place des géosynthétiques et le remplissage de la tranchée d'ancrage s'effectuera selon les spécifications des « Clauses techniques particulières ».

Si des systèmes d'ancrage temporaire doivent être utilisés, le temps de mettre en place des géosynthétiques sus-jacents, ils devront être suffisamment forts pour éviter tout mouvement des géosynthétiques. Si en raison d'un ancrage temporaire inadéquat, des plis en pied de talus devaient apparaître ou la longueur de géosynthétique à l'intérieur de la tranchée d'ancrage devait devenir inférieur aux dimensions minimales prescrites, l'Installateur devra corriger le tout à ses frais.

3.5 Préparation de la surface d'assise

L'Entrepreneur général est responsable de la mise en forme de la surface qui sert de support aux géosynthétiques et il doit coordonner les travaux avec l'Installateur.

Préalablement à l'installation des géosynthétiques, le Consultant en assurance-qualité doit s'assurer des points suivants :

- a) un technicien qualifié a vérifié la conformité de tous les alignements et niveaux de l'assise (max. ± 50 mm par 100 m² de surface);
- b) la surface a été nettoyée et compactée de manière à ce qu'elle soit exempte de toute végétation, irrégularité, dépression ou changement abrupte en élévation;

- c) la surface a été débarrassée de toutes racines, pierres ou autres débris de 25 mm ou plus de diamètre qui risquent d'endommager les géosynthétiques. Au besoin, l'Entrepreneur doit prévoir la scarification de l'aire à imperméabiliser avec une méthodologie approuvée par le Maître d'oeuvre. L'Entrepreneur procédera par la suite, au nivelage des surfaces afin d'atteindre les élévations projetées des assises et terminera l'opération par le compactage des surfaces, qui devront atteindre 95 % du Proctor modifié;
- d) aucune surface n'a subi d'érosion excessive par l'eau ou le vent;
- e) à aucun endroit sur l'assise, la teneur en eau est excessive;
- f) la surface ne contient pas de fissure due à la dessiccation dépassant les spécifications du projet;
- g) les ornières laissées par la machinerie utilisée pour le déplacement des géosynthétiques ne dépassent pas 25 mm.

L'Installateur doit confirmer, par écrit, avant le déploiement, que l'état de l'assise sur laquelle les géosynthétiques doivent être installés est accepté. Le certificat d'acceptation doit être fourni au Consultant en assurance-qualité avant le début du déploiement sur la surface en question. Le Consultant en assurance-qualité doit fournir une copie du certificat d'acceptation de l'assise au Gérant de projet. L'Installateur pourra accepter l'assise au fur et à mesure de l'avancement de ses travaux. Une fois acceptée, l'Installateur est responsable de la surface d'assise et devra réaliser les travaux requis pour respecter les modalités du présent devis.

Après que l'assise ait été acceptée par l'Installateur, il est de la responsabilité de l'Installateur d'aviser le Gérant de projet de tous les changements de condition de l'assise qui pourraient nécessiter des réparations. Le Gérant de projet peut consulter le Maître d'oeuvre à ce sujet.

En tout temps, avant et durant l'installation, le Consultant en assurance-qualité avisera le Gérant de projet de toute défaillance observée concernant l'assise des géosynthétiques.

Avec le certificat d'acceptation de l'assise, un rapport comprenant les éléments suivants doit être présenté :

- a) la date et l'heure;
- b) la description de la (ou des) zone(s) acceptée(s);
- c) l'acceptation partielle ou complète;
- d) les commentaires;
- e) le nom et la signature du représentant de l'Installateur;
- f) le nom et la signature du Gérant de projet.

4. Installation et contrôle de qualité des géomembranes

4.1 Plan de déploiement

L'Installateur doit fournir, pour examen et autorisation, un plan de déploiement initial pour chaque type de géomembrane indiquant clairement les dimensions et la numérotation des panneaux.

La mise en place des panneaux doit, dans la mesure du possible, respecter le plan de déploiement, sinon les modifications devront être détaillées et présentées au Gérant de projet pour examen avant l'installation.

4.2 Identification des panneaux

Un panneau est une surface de géomembrane qui doit être soudée au chantier, c'est-à-dire un rouleau ou une portion de rouleau de géomembrane.

Au moment de l'installation, l'Installateur doit déterminer pour chaque panneau une numérotation qui correspond au plan de déploiement. La numérotation ne doit pas être trop lourde mais plutôt simple et logique.

4.3 Installation des panneaux

4.3.1 Localisation

Les panneaux doivent être disposés selon le plan de déploiement fourni par l'Installateur. Le Gérant de projet peut, durant le déploiement, modifier le plan selon les conditions existantes.

Le Consultant en assurance-qualité doit tenir un registre de tous les panneaux et de leurs localisations ainsi que de la date d'installation.

4.3.2 Vérification des conditions d'installation

À ses frais, l'Installateur doit enlever les ossements d'animaux et nettoyer les panneaux au besoin.

L'Installateur, en collaboration avec le Consultant en assurance-qualité, doit s'assurer que :

- l'équipement lourd utilisé est adéquat, c'est-à-dire qu'il n'exposera pas la géomembrane à des chaleurs ou pressions excessives ou fuites d'huile ou de carburant;
- l'assise ne s'est pas détériorée entre l'acceptation et le début du déploiement;

- le personnel travaillant sur la géomembrane ne fume pas, ne porte pas de chaussures qui peuvent être dommageables ou pose des gestes nuisibles à la géomembrane;
- la méthode pour le déroulement de la géomembrane n'endommage pas l'assise et la géomembrane;
- la méthode utilisée pour le déploiement minimise la formation de plis dans la géomembrane (spécialement les plis à la jonction de deux (2) panneaux). Un certain jeu peut être laissé pour compenser les contractions thermiques maximales. Le raccordement entre deux (2) séries de panneaux (TIE END) devrait être réalisé au moment de la journée où le temps est le plus frais;
- lors du déploiement des panneaux, ceux-ci sont suffisamment chargés avec des sacs de sable pour les protéger du soulèvement par le vent. Lors de grands vents, on peut prévenir le soulèvement en déposant du sable sur les bords des panneaux;
- la longueur maximale des panneaux est établie afin d'éviter le survirage des équipements de déploiement et par conséquent éviter les dommages aux couches sous-jacentes (p. ex. déplacement du géofilet, égratignure à la géomembrane, etc.);
- les contacts directs avec la géomembrane sont minimisés, c'est-à-dire qu'aux endroits sujets à une circulation excessive, on dépose un géotextile, une géomembrane supplémentaire ou tout autre matériel adéquat.
- aucun outil, matériaux etc. ne pourra être tiré directement sur la géomembrane.

Le Consultant avisera le Gérant de projet si les règles énumérées ci-dessus ne sont pas respectées.

4.3.3 Conditions météorologiques

Aucune géomembrane ne doit être déployée quand la température de la géomembrane est sous le point de congélation (0 °C) ou au-dessus de 50 °C sans la permission écrite du Gérant de projet.

Aucune géomembrane ne doit être déployée lorsqu'il y a précipitation, présence d'humidité excessive, présence de surface saturée d'eau ou de vent excessif.

L'Installateur doit prévoir l'expansion ou la contraction des géomembranes selon les extrêmes de température qui peuvent survenir lors du déploiement afin d'éviter les contraintes, les plis et les soulèvements.

Le Consultant en assurance-qualité informera le Gérant de projet de tous les problèmes ou retards liés aux conditions météorologiques.

4.3.4 Inspection pour les dommages

Le Consultant en assurance-qualité doit inspecter chaque panneau après le déploiement et avant le début des opérations de soudure. Le Consultant avisera le Gérant de projet au sujet des panneaux ou portion de panneaux qui doivent être réparés ou acceptés. Les panneaux qui ont été refusés doivent être identifiés et leur enlèvement enregistré par le Consultant en assurance-qualité.

4.3.5 Écriture sur les géomembranes

Pour éviter toute confusion, l'Installateur et le Consultant en assurance-qualité devront utiliser des marqueurs adéquats de couleurs différentes.

4.3.6 Mesurage des géomembranes

Le Consultant en assurance-qualité procède régulièrement au chaînage des géosynthétiques installés, et cette mesure devient la référence pour le calcul des superficies installées et payées à l'Installateur.

Les mesures prises par le Consultant en assurance-qualité priment sur les mesures de l'Installateur. Donc, à chaque fois que le Consultant en assurance-qualité chaînera les géosynthétiques mis en place, l'Installateur devra assister et confirmer la mesure prise. Si l'Installateur n'assiste pas au mesurage, il devra utiliser la valeur fournie par le Consultant en assurance-qualité, et ce, sans contestation possible de sa part.

4.4 Soudure

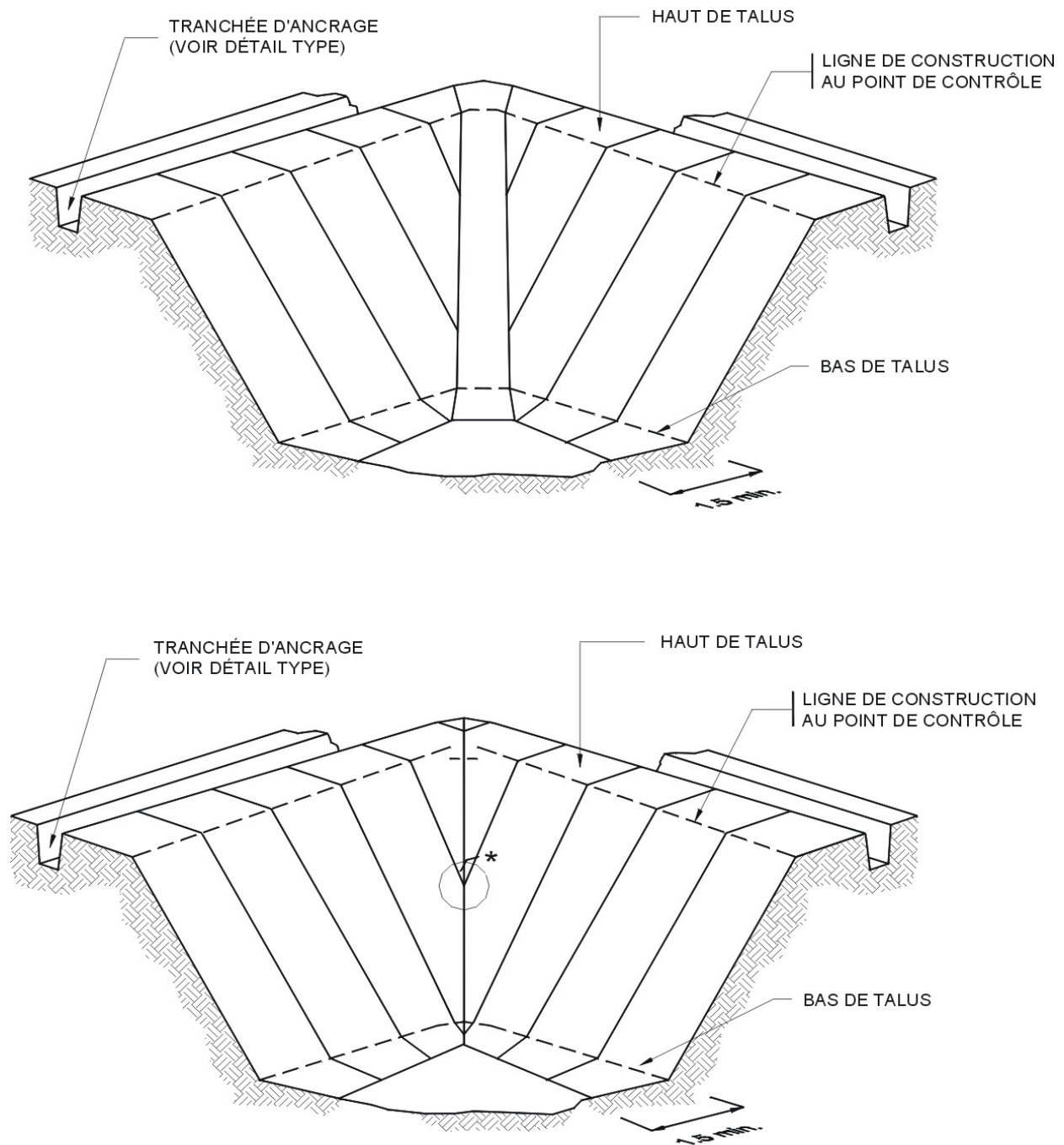
4.4.1 Plan de déploiement

Avant le début des travaux, l'Installateur doit fournir un plan de déploiement initial montrant les soudures. Ce plan peut être modifié par l'Installateur sur approbation du Gérant de projet.

Toutes les soudures dans les pentes doivent être orientées parallèlement au pendage des pentes maximales. Aucun joint transversal n'est permis dans les pentes. Dans les coins et les pointes géométriques, le nombre de soudures doit être minimisé, car ces endroits sont sujets à des tensions additionnelles. Aucune soudure horizontale n'est permise à moins de 1,5 m du bas des pentes ou des endroits sujets à des concentrations de contraintes (voir figure 2). Notez que le déploiement type montré à la figure 2 est applicable pour tous les géosynthétiques (pas seulement pour la géomembrane).

Un système d'identification des soudures simple et compatible avec la numérotation des panneaux doit être établi lors de la réunion de pré-construction et/ou la réunion de démarrage.

Figure 2 Déploiement type dans les coins.



* LA SOUDURE DES PANNEAUX NE COINCIDE PAS OBLIGATOIREMENT AU MÊME ENDROIT

4.4.2 Produits et équipements de soudure

Les procédés autorisés pour les soudures sont les soudures par fusion (simple ou double) et par extrusion (filet d'extrusion). Les procédés alternatifs doivent être documentés et soumis au Maître d'oeuvre et au Gérant de projet pour approbation.

Dans le cas de soudures par extrusion, l'Installateur doit fournir au Consultant en assurance-qualité, les analyses démontrant que la résine pour l'extrusion est de même composition que les géomembranes.

Le Consultant en assurance-qualité tiendra un registre de :

- la température des appareils;
- la température de la résine;
- la température ambiante;
- la température des géomembranes au sol.

Ces informations seront relevées à des intervalles de temps suffisamment courts.

L'Installateur doit s'assurer des points suivants :

- a) l'équipement utilisé pour les soudures ne risque pas d'endommager les géomembranes;
- b) les fusils à extrusion sont purgés de résine dégradée avant de commencer les soudures;
- c) la génératrice électrique est placée sur une surface qui ne risque pas d'endommager la géomembrane;
- d) les surfaces à souder sont propres et sèches. L'Entrepreneur doit prévoir l'utilisation de détergent de type « lave glace » pour les soudures à faire dans un environnement poussiéreux ou lors de l'installation du second niveau d'imperméabilisation où la poudre de bentonite est omniprésente;
- e) les surfaces sur lesquelles une soudure par extrusion sera réalisée, doivent être sablées pas plus d'une heure avant la soudure;
- f) les appareils à souder ne sont pas déposés directement sur les géomembranes;
- g) les géomembranes sont protégées adéquatement dans les zones de circulation intense;
- h) la surface qui est sablée ne doit pas dépasser de plus de 7 mm de part et d'autre du cordon de soudure par extrusion;
- i) les panneaux sont placés de manière à avoir un chevauchement minimum de 75 mm (soudure par extrusion) et 125 mm (soudure par fusion). En tout temps, le chevauchement doit être suffisant pour permettre le test de décollement;

- j) aucun solvant ou adhésif ne doit être utilisé sans la permission écrite du Gérant de projet;
- k) maintenir un nombre approprié d'appareils à souder tel qu'il est convenu lors de la réunion de démarrage;
- l) pour les soudures en croix, les bords sont meulés en biseau et les soudures seront effectuées par extrusion;
- m) une membrane de protection sera déployée sous les joints pour prévenir l'adhésion de débris pouvant nuire au procédé de soudure par fusion;
- n) les replis devront être coupés à leur base pour permettre un chevauchement plat adéquat pour la soudure. Si le chevauchement est incorrect, alors les replis devront être réparés avec une pièce dépassant de 150 mm dans toutes les directions l'endroit à réparer;
- o) toute coupure, perforation ayant une longueur ou diamètre supérieur à 12 mm devra être réparée à l'aide d'une pièce de 300 mm minimum;
- p) tout déplacement, réglage ou réparation des appareils à souder ne devra pas être fait directement sur les géomembranes afin d'éviter de les endommager.

4.4.3 Préparation pour soudure

L'Installateur doit s'assurer que les surfaces à souder seront propres et sans humidité, poussières, saletés, débris ou matériel de toutes sortes. Si un meulage est requis, le Consultant en assurance-qualité doit s'assurer que le procédé est conforme aux normes du fabricant et que celui-ci est effectué dans l'heure précédant le soudage tel que mentionné précédemment, l'Entrepreneur devra prévoir l'utilisation de détergeant de type « lave glace » pour les soudures à réaliser en présence de poussière ou durant la pose du second niveau d'imperméabilisation.

Les géomembranes doivent être positionnées de façon à ce que le chevauchement soit entre 75 et 125 mm environ. Les soudures devront être alignées le plus possible, et ce, en minimisant la formation de replis et de « fishmouths ».

Les coupes et les préparations de formes spéciales doivent être réalisées au moins 15 mètres avant les opérations de soudure pour éviter les interruptions.

Dans le cas d'une réparation à l'aide d'une pièce, l'Installateur devra arrondir les extrémités des défauts afin d'éviter de créer des faiblesses.

4.4.4 Conditions météorologiques

Il ne sera pas permis d'effectuer des opérations de soudure lorsqu'il pleut, lorsqu'il neige ou lorsqu'il grêle.

Advenant la présence de cristaux de glace sur les surfaces à souder, on doit procéder à un séchage à l'air chaud.

Par temps froid, le Consultant en assurance-qualité pourra aussi exiger un préchauffage avant le soudage et/ou l'utilisation d'un abri pour prévenir les pertes de chaleur. Les soudures seront acceptables si le test de décollement est satisfaisant. Plus les températures seront basses, plus la vitesse de soudage sera diminuée. Dans tous les cas, la géomembrane devra être sèche et protégée du vent.

Le Consultant en assurance-qualité s'assurera que les conditions météorologiques sont adéquates et si elles ne le sont pas, celui-ci avisera le Gérant de projet. Le Gérant de projet peut, à ce moment, décider d'arrêter ou de reporter les travaux. Si les travaux ont lieu par temps froid, le Consultant en assurance-qualité pourra exiger des essais de calibration plus fréquents (voir la section 4.6). Les essais de cisaillement et de décollement devront être effectués sur des échantillons dont la température aura été équilibrée à la température d'une pièce.

4.5 Équipement de contrôle sur le site

L'Installateur doit avoir les appareils suivants, en bon état de fonctionnement, sur le chantier :

4.5.1 Tensiomètre de terrain

- a) Le tensiomètre devra être motorisé et avoir des mâchoires capables de se déplacer à une vitesse mesurée de 50,8 mm/min (2 po/min).
- b) Le tensiomètre devra être muni d'une jauge mesurant la force exercée entre les deux mâchoires.

4.5.2 Boîte à vacuum

Cette méthode sera utilisée seulement dans le cas où les joints sont construits par la méthode de soudure par extrusion.

La boîte à vacuum consistera en une caisse rigide munie d'une fenêtre d'observation transparente sur le dessus et d'un joint étanche de néoprène, doux et uniforme, attaché sur le dessous. La caisse sera munie d'un robinet de vidange.

Un système de vacuum indépendant sera raccordé à la boîte à vacuum pour assurer la création et le maintien d'une pression négative de 2 à 3 psi à l'intérieur de la boîte. Une solution savonneuse devra être déposée sur le joint immédiatement avant la pose de la boîte à vacuum.

4.5.3 Équipement de contrôle pour la pression d'air

Cette méthode sera utilisée seulement dans le cas où les joints sont construits par la méthode double fusion.

- a) L'équipement sera constitué d'une pompe à air capable de générer et de maintenir une pression positive entre 20 et 30 psi.
- b) Un manomètre capable de lire jusqu'à 30 psi attaché à une aiguille sera utilisé pour pressuriser le chemin d'air à l'intérieur des joints.

4.6 Essais de calibration

Des essais de calibration devront être effectués dans le but d'ajuster les machines de soudage avant de procéder aux travaux de construction des joints sur le terrain. Un essai de calibration est composé d'un joint d'essai, sur lequel on prélève deux (2) échantillons pour les tests de décollement et de cisaillement sur le terrain. Chaque soudeur devra effectuer un joint d'essai au début de chaque quart de travail et après avoir effectué cinq (5) heures de travail. Dans le cas où une soudure est interrompue pendant une période supérieure à quatre (4) heures ou en cas de panne provoquée par n'importe quel mauvais fonctionnement de l'appareil, un joint d'essai devra être effectué avant la reprise des travaux sur le terrain. Un joint d'essai doit aussi être effectué lorsque les conditions climatiques entraînent une variation de température de la géomembrane de plus ou moins 5 °C en une heure.

Les essais de calibration devront être effectués sur le terrain sur des pièces de géomembrane approuvées. Les pièces de géomembrane pour un joint d'essai devront avoir au moins 1,0 m de long, 0,4 m de large et avoir un chevauchement suffisant pour procéder au contrôle du décollement avec le tensiomètre de terrain.

Quatre (4) échantillons de 25,4 mm chacun (1 po) devront être prélevés par l'Installateur en utilisant un gabarit approuvé. Les échantillons devront être prélevés perpendiculairement au joint et contrôlés sur le site à l'aide du tensiomètre de terrain, deux (2) pour le décollement (pelage) et deux (2) pour le cisaillement (déchirement).

Les quatre (4) échantillons devront respectivement passer l'essai de cisaillement et l'essai de décollement et ne pas céder au niveau de la soudure. Si l'échantillon échoue l'essai, l'opération est reprise pour un second joint d'essai. Les figures 3 et 4 illustrent les différents types de rupture possibles pour les soudures par double fusion et par extrusion.

Si le second joint testé ne respecte pas les critères exigés, les travaux de construction des joints sur le terrain seront suspendus jusqu'à ce que les déficiences soient réglées. Cela sera vérifié par la production et le contrôle réussi de deux (2) joints d'essais consécutifs.

4.7 Documentation des essais de calibration

L'information suivante doit être documentée par l'Installateur et soumise au Gérant de projet :

- a) la date et l'heure de l'essai;
- b) la température extérieure;
- c) l'identification de l'appareil;
- d) l'identification du soudeur technicien;
- e) la température de l'appareil;
- f) la température de préchauffage, si applicable;
- g) la vitesse de l'appareil, si applicable;
- h) les résultats et types de rupture des essais de décollement (pelage);
- i) les résultats et types de rupture des essais de cisaillement;
- j) l'identification du technicien de contrôle de qualité.

Figure 3 Types de rupture pour une soudure par double fusion.

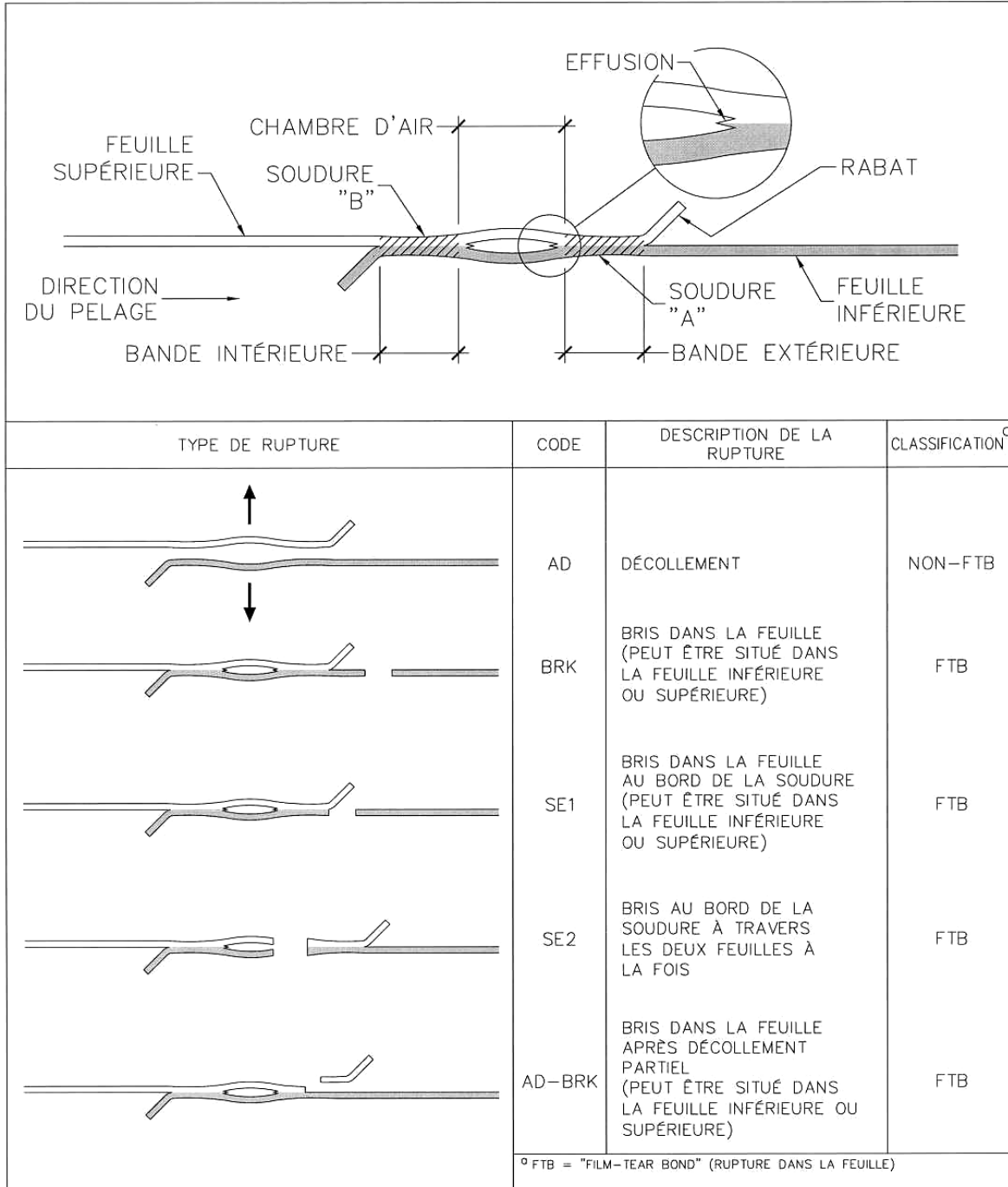
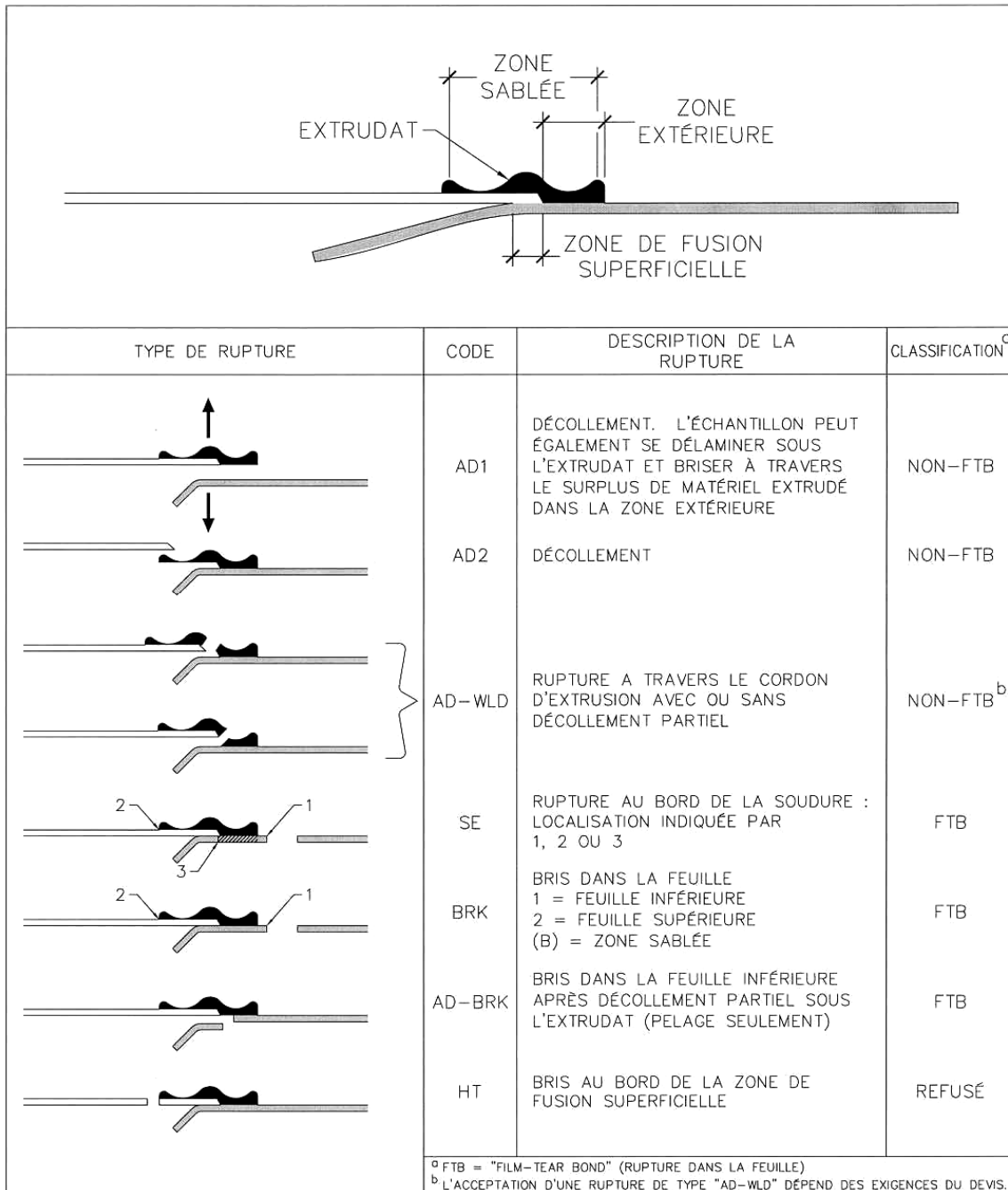


Figure 4 Types de rupture pour une soudure par extrusion.



4.8 Essais non destructifs

Tous les joints devront être testés par la méthode non destructive par l'Installateur sur toute leur longueur afin de vérifier l'intégrité du joint.

Les essais non destructifs devront être effectués simultanément avec les travaux de construction des joints sur le terrain.

Les joints préfabriqués qui seront inaccessibles après l'installation; par exemple, ceux qui sont placés sous des structures ou qui sont attachés aux pénétrations, devront être testés avant l'installation finale.

Tous les essais non destructifs seront observés et documentés par l'Installateur. La procédure acceptée pour les tests non destructifs est décrite ci-après. Toute procédure alternative devra être soumise au Maître d'oeuvre pour approbation avant le début des essais.

L'utilisation du chalumeau pour la réalisation d'essai non destructif à l'air est interdite : obligatoirement, utiliser une méthode n'utilisant pas de flamme vive pour ces essais.

4.8.1 Boîte à vacuum

Cent pourcent (100 %) de tous les contrôles par vacuum devront se faire sous la surveillance du Consultant en assurance-qualité.

Tous les joints produits par la méthode de soudure par extrusion ou par fusion solide seront évalués par un test de la boîte à vacuum. La solution savonneuse sera appliquée à la section testée et la boîte à vacuum sera placée sur cette section. La valve de vidange sera alors fermée et la valve à vacuum sera ouverte.

Une fois que la section à l'essai est scellée fermement et qu'une pression négative de 13,8 à 20,7 kPa (2-3 psi) est établie, celle-ci sera examinée visuellement pendant une période supérieure à dix (10) secondes afin de déterminer si la solution savonneuse produit des bulles. Le Consultant en assurance-qualité pourra exiger de refaire le test si le temps d'examen n'est pas respecté.

La boîte à vacuum sera alors déplacée et le processus sera répété sur la section adjacente. Un chevauchement visible d'au moins 76,2 mm (3 po) sera maintenu entre toutes les sections d'essai.

L'Installateur doit indiquer, pour chacun des contrôles par vacuum, la date où le test a été réalisé.

Tous les endroits où des bulles ont été observées lors des essais devront être identifiés par une inscription à haute visibilité pour réparation subséquente et devront être enregistrés sur les rapports de contrôle de terrain.

Toute section qui ne réussit pas au contrôle devra être réparée selon les directives à la section 4.10 puis testée à nouveau.

4.8.2 Pression d'air (soudure par fusion)

Le joint devra être scellé aux deux extrémités. Si l'extrémité du joint constitue une partie intégrale de la géomembrane, le scellage devra être effectué de façon à ne pas endommager la géomembrane.

L'appareil pressurisé devra être inséré dans le canal d'air à un bout du joint et une pression de 138 à 207 kPa (20-30 psi) devra y être produite. La valve d'alimentation sera fermée, et la pression sera maintenue pendant au moins 120 secondes. La pression sera réduite en effectuant une incision à l'extrémité opposée du chenal d'air.

Le Consultant en assurance-qualité observera la baisse de pression enregistrée sur le manomètre pour vérifier la continuité du chenal d'air. Si une perte de pression supérieure à 2 psi se manifeste ou si la pression d'essai ne peut pas être produite, le joint sera rejeté.

Toute zone défectueuse le long du joint sera identifiée et réparée conformément à la section 4.10 puis testée à nouveau. Le test par vacuum sera permis sur les joints à coin lorsque la zone défectueuse ne peut être isolée en utilisant le test par pression d'air. Tous les trous qui seront créés lors des tests par pression d'air devront être scellés suite aux essais puis contrôlés en utilisant le test par vacuum.

4.8.3 Documentation des essais non destructifs

L'information suivante doit être documentée par l'Installateur et soumise au Maître d'oeuvre.

- a) la date et l'heure de l'essai;
- b) l'identification de la soudure;
- c) la longueur de la soudure inspectée;
- d) l'identification du technicien de contrôle de qualité;
- e) la méthode utilisée;
- f) la pression appliquée, si applicable;
- g) l'identification des fuites;
- h) l'affirmation du réparateur de fuites;
- i) l'affirmation du vérificateur des réparations.

4.9 Essais destructifs

4.9.1 Généralités

Les essais destructifs seront effectués à des endroits sélectionnés par le Consultant en assurance-qualité afin de vérifier les critères exigés au contrat.

Tous les échantillons et essais devront être effectués simultanément avec les travaux de construction des joints sur le terrain de façon à vérifier les propriétés des joints au fur et à mesure que les travaux progressent et que les mesures correctrices seront effectuées. Les tests destructifs sont d'une grande importance, car ils sont la seule mesure directe de l'intégrité des résistances mécaniques des soudures.

4.9.2 Localisation et fréquence

Le Consultant en assurance-qualité déterminera l'endroit et le moment où seront effectués les essais destructifs.

Un minimum de un essai par 150 m de soudure sera prélevé. L'Installateur ne sera pas informé, au préalable, de la localisation des tests. Le Consultant en assurance-qualité peut augmenter le nombre d'essais en se basant sur les résultats déjà obtenus.

Un plus grand nombre d'essais peut être nécessaires lorsque le Consultant en assurance-qualité craint la présence d'un excès de cristallinité, de contamination, de joints défectueux ou toute autre raison pouvant affecter la qualité des joints.

4.9.3 Procédure d'échantillonnage

Les échantillons seront prélevés par l'Installateur au fur et à mesure que les soudures progressent de manière à obtenir les résultats de Laboratoire avant que la géomembrane soit recouverte d'un autre matériel.

Une identification basée sur la numérotation définie sur le plan de déploiement sera assignée à chaque échantillon. La localisation sera représentée sur un croquis.

Tous les trous résultants des essais destructifs seront réparés conformément à la section 4.10.

4.9.4 Dimension de l'échantillon

À un endroit donné, quatre (4) bandes de 25 mm (1 po) de large par 300 mm (12 po) de long seront prélevées par groupe de deux (2), chaque groupe étant distancé l'un de l'autre de 1,2 m le long de la soudure. De ces 4 bandes, deux (2) seront testées en décollement et les deux (2) autres en cisaillement au chantier.

L'information suivante des essais destructifs au chantier doit être documentée et soumise au Maître d'oeuvre :

- a) la date et l'heure du prélèvement;
- b) la date et l'heure de l'essai;
- c) l'identification de l'essai destructif;
- d) l'identification de la soudure;
- e) les résultats et types de rupture des essais de décollement (pelage);
- f) les résultats et types de rupture des essais de cisaillement;
- g) l'identification du technicien de contrôle de qualité;
- h) la localisation sur le plan « Tel que construit ».

Si les échantillons passent le test de cisaillement et de décollement, alors le Consultant en assurance-qualité prélèvera la bande de 1,2 m comprise entre les deux (2) groupes de bandes (échantillons) en question, avec la soudure au centre, sur une largeur de 30 cm.

Cet échantillon sera coupé en trois (3) morceaux :

- 0,3 m x 0,3 m que garde l'Installateur;
- 0,3 m x 0,6 m envoyé au Laboratoire;
- 0,3 m x 0,3 m que garde le Gérant de projet aux archives.

4.9.5 Essai en laboratoire

Les échantillons pour les essais destructifs devront être expédiés par livraison spéciale au Laboratoire. Le Laboratoire devra fournir des résultats verbaux dans les 24 heures suivant la réception des échantillons et les résultats écrits suivront dans la semaine suivante.

Critères

Les essais destructifs font appel à deux (2) essais précis : l'essai de cisaillement et l'essai de décollement.

L'essai de cisaillement consiste à appliquer une force en tension entre la membrane du haut et celle du bas de manière à créer un cisaillement maximum dans un plan, parallèle aux membranes et passant par la soudure.

L'essai de décollement (pelage) consiste à appliquer une force en tension entre la membrane du haut et celle du bas de manière à créer une tension maximum dans un plan, perpendiculaire aux membranes et passant par la soudure.

Les exigences pour les propriétés sont présentées au tableau des résultats sur les géomembranes au point 3 de la section 3.3.1

4.9.6 Procédure lors d'échec des essais destructifs

Lors d'échec des tests destructifs, le Consultant en assurance-qualité a deux (2) options :

1. L'Installateur peut réparer toute la longueur de joint entre deux (2) essais conformes.
2. Prendre un échantillon de 25 mm (1 po) à un minimum de 3 m de part et d'autre de l'endroit où l'échantillon a échoué. Faire deux (2) essais au tensiomètre. Si les deux sont conformes, on prend un échantillon complet pour le laboratoire. Si les essais au laboratoire sont conformes on répare entre les deux points, sinon on continue le processus pour définir la zone où la soudure devrait être réparée.

Tous les essais destructifs supplémentaires sont au frais de l'Installateur. Seul le premier essai destructif est au frais du Maître de l'ouvrage. Une soudure acceptable est une soudure qui est délimitée, à chaque extrémité, par un endroit où les échantillons ont passé les essais destructifs en laboratoire.

4.10 Défauts et réparations

4.10.1 Identification

Tous les panneaux après soudure seront examinés par le Consultant en assurance-qualité pour identifier les défauts, trous ou mauvaises soudures.

4.10.2 Évaluation

Toute localisation suspecte au niveau de la soudure ou de la membrane sera testée selon une méthode non destructive.

4.10.3 Réparation

Toute portion de géomembrane possédant un manque quelconque ou ayant échoué un essai destructif ou non destructif sera réparée. La décision finale sur la procédure de réparation appartient au Gérant de projet ou au Consultant en assurance-qualité.

Les procédés acceptés sont :

- a) Rapiéçage : dans le cas de grand trous, déchirures ou contamination par substance étrangère (défaut plus grand que 12 mm).

- b) Reprise de soudure : dans le cas d'une petite section de soudure qui n'a pas passé les tests. Lors d'une reprise, on doit meuler la vieille soudure au maximum une heure avant. La reprise de soudure doit être réalisée directement sur le chevauchement de géomembrane en évitant d'enlever ce dernier.
- c) Soudure locale (Spot Welding) : dans le cas de défauts minimes (p. ex. : trou d'épingle, petite déchirure).
- d) Recouvrement : dans le cas de grandes sections de soudure qui n'ont pas passé les tests.
- e) Autres procédés : tout autre procédé doit être soumis et documenté au Consultant en assurance-qualité pour approbation.

De plus, lors de la réparation, toutes les surfaces doivent être propres et sèches.

Toutes les procédures de réparations, matériels ou techniques doivent être approuvées avant la réparation par le Gérant de projet ou le Consultant en assurance-qualité.

Toutes les pièces utilisées pour le rapiéçage doivent dépasser de 150 mm, dans toutes les directions; la déféctuosité et les coins doivent avoir, au minimum, un rayon de 75 mm.

4.10.4 Vérification des réparations

L'information suivante des réparations doit être documentée par l'Installateur et soumise au Maître d'oeuvre :

- a) le numéro de réparation;
- b) la date et l'heure de la réparation effectuée;
- c) les essais de calibration correspondant;
- d) la localisation de la réparation;
- e) le type de défaut;
- f) le type de réparation;
- g) la dimension de la réparation;
- h) la date effectuée de l'essai non destructif;
- i) le résultat de l'essai non destructif;
- j) l'identification du technicien de contrôle de la qualité;
- k) la localisation sur le plan « Tel que construit ».

4.11 Plan « Tel que construit »

Un plan « Tel que construit » devra être fait par l'Installateur et soumis à la fin des travaux. Ce plan devra être dessiné à l'échelle et contenir les informations suivantes :

- a) l'emplacement et le numéro des panneaux de la géomembrane;
- b) la localisation des réparations et des pièces ajoutées;
- c) la localisation des essais destructifs;
- d) la localisation des soudures reconstruites;
- e) la localisation des pénétrations des conduites;
- f) la localisation des ancrages mécaniques aux structures de béton.

5. Installation et contrôle de qualité des géotextiles

5.1 Matériaux

Les géotextiles sont fabriqués à partir de fibres synthétiques polypropylènes non tissée. Ces géotextiles doivent être imputrescibles et insensibles à l'action des bases et acides.

Les géotextiles sont utilisés comme membrane de séparation pour contrer la contamination et le lessivage des matériaux, comme membrane de filtration et comme membrane de protection contre la perforation de la géomembrane.

5.2 Installation

Les géotextiles doivent être manipulés de manière à s'assurer qu'ils ne subissent aucun dommage.

Tout objet (pierre, débris, etc.) susceptible d'endommager les géotextiles doit être enlevé avant l'installation de ces derniers sur la surface.

Sur des surfaces nivelées, mettre en place les géotextiles en les déroulant dans le sens, de la manière et à l'endroit indiqués. Aucun rouleau ne doit être déployé perpendiculairement au sens des pentes.

Mettre en place les géotextiles de façon à obtenir une surface unie et exempte d'aires tendues, de plissement et de gondlements.

Dans les ouvrages en pente, mettre en place les géotextiles en une bande continue à partir du pied de la pente jusqu'à la limite supérieure prévue.

Les géotextiles doivent être installés de manière à avoir un chevauchement minimal de 300 mm. Dans les pentes, tous les joints de géotextiles seront cousus avec du fil ayant une résistance égale ou supérieure au géotextile. S'il le désire, le tout sujet à l'approbation du Gérant de projet, l'Installateur pourra réduire le chevauchement longitudinal lorsque le géotextile sera cousu et cela, autant pour le fond que pour les pentes. L'Installateur demeure responsable du maintien des chevauchements minimums tant que la couche de protection n'est pas mise en place. L'interdiction de ne pas faire de joints cousus dans le sens transversal dans les pentes est toujours en vigueur.

Tous les joints entre les géotextiles seront cousus avec du fil ayant une résistance aux agents chimiques et biologiques égale ou supérieure à celle du géotextile.

Prévenir le déplacement des géotextiles et les protéger contre tout dommage avant, pendant et après la mise en place de la couche de recouvrement.

Mettre en place la couche de recouvrement dans les quatre (4) heures suivant la mise en place du géotextile.

5.3 Réparations

Si les géotextiles se trouvaient endommagés avant ou pendant leur installation, ils devront être réparés avec une pièce du même géotextile. La pièce devra être installée sous la couche de géotextile et dépasser la défectuosité de 300 mm dans toutes les directions, si demandé par le Consultant en assurance-qualité.

5.4 Couture des géotextiles

Lorsque les géotextiles doivent être cousus, les coutures doivent être réalisées de façon à conserver les propriétés du géotextile et éviter l'effilochage. Les coutures doivent être en continu. Les points isolés ne seront pas permis. Le fil utilisé doit avoir des propriétés chimiques et mécaniques égales ou supérieures au géotextile cousu. La couleur du fil doit être contrastante.

Les géotextiles ne doivent pas être joints aux géosynthétiques supérieurs ou inférieurs par la couture.

5.5 Mesures de protection

En tout temps, interdire aux véhicules de circuler directement sur les géotextiles.

6. Installation et contrôle de qualité des géofilets

6.1 Matériaux

Les géofilets sont fabriqués à partir de résines de polyéthylène de haute densité.

6.2 Installation

Les géofilets doivent être manipulés de manière à s'assurer qu'ils ne subissent aucun dommage. L'Installateur doit s'assurer que les géofilets aient une longueur suffisante dans la tranchée d'ancrage avant de les dérouler de manière à les garder en tension dans les pentes et qu'ils puissent résister à l'arrachement.

En présence de vent, on devra les retenir, de manière adéquate, avec des sacs de sable.

L'Installateur doit s'assurer qu'aucune roche, boues ou autres débris ne soient emprisonnés entre les couches de géomembrane et de géofilet.

Les rouleaux de géofilets doivent être chevauchés dans le sens du déroulement. Lorsque deux (2) rouleaux se croisent à angle droit, ils devront être coupés et chevauchés en alternant le sens des chevauchements pour se conformer au profil du terrain. Le chevauchement, bout à bout entre deux (2) rouleaux, est permis seulement sur les secteurs plats (< 5 % de pente); ce chevauchement devra alors être d'au moins 300 mm et avoir un rang de trois (3) attaches en nylon. Le chevauchement entre deux (2) rouleaux adjacents devra avoir au moins 150 mm dans les pentes et sur les plats.

Afin d'empêcher la séparation des chevauchements, des attaches de plastique doivent être disposées à tous les 0,9 m minimum dans les pentes et à tous les 1,5 m minimum sur les plats. Les attaches doivent être de couleur contrastante.

Lors de l'installation du géofilet supplémentaire prévue à des endroits spéciaux, le sens des brins doit être à angle droit par rapport au géofilet principal de façon à éviter l'intrusion d'un géofilet dans l'autre.

6.3 Réparations

Si les géofilets se trouvaient endommagés avant ou pendant leur installation, ils devront être réparés avec une pièce du même géofilet. La pièce devra dépasser la déféctuosité de 300 mm dans toutes les directions et être attachée avec un minimum de quatre (4) attaches de plastique.

Si le Consultant en assurance-qualité estime que le géofilet aurait pu être déplacé lors du déploiement de la couche sus-jacente, l'Installateur devra fournir la main d'œuvre nécessaire à la vérification et, le cas échéant, à la remise en place du géofilet.

7. Installation et contrôle de qualité de la natte bentonitique

7.1 Réception et manutention

7.1.1 La natte bentonitique arrive au chantier en rouleau et est livrée habituellement par camion. Chaque rouleau est enveloppé individuellement et chacun des rouleaux est identifié par le Manufacturier. Avant le début du déchargement, vérifier visuellement tous les rouleaux dans le but d'identifier tout dommage qui aurait pu survenir au cours du transport. Noter et rapporter immédiatement tout dommage visible au transporteur et au fournisseur. Étiqueter, identifier et séparer les rouleaux endommagés des autres rouleaux.

7.1.2 Le déchargement des rouleaux du camion doit être fait de façon à prévenir tout dommage à la natte bentonitique et à son emballage.

Un tuyau ou une barre rigide de capacité suffisante pour supporter le poids total d'un rouleau de natte bentonitique doit être utilisé pour le déchargement et la manutention. Le diamètre du tuyau ou de la barre doit être assez petit pour permettre une insertion facile dans le centre du rouleau de natte bentonitique.

Des courroies solides ou des chaînes doivent joindre les extrémités du centre du rouleau aux extrémités de la barre rigide, le tout pour permettre une manipulation sécuritaire avec une pèpîne ou tout autre équipement. Une attention particulière doit être portée au système d'ancrage de façon à éviter que les courroies ou les chaînes ne frottent et endommagent la natte bentonitique et son emballage.

1. Alternativement, la natte bentonitique peut être déchargée et manipulée avec un chariot élévateur, communément appelé « Lift truck », équipé d'un système frontal de déchargement composé d'un tuyau rigide d'une longueur correspondant au trois quarts de la longueur d'un rouleau et capable de supporter le poids total du rouleau et de la natte bentonitique.
2. Lorsque recommandé par le Manufacturier, des élingues conçues spécialement pour ce type de rouleau devront être utilisées.

7.1.3 Pour aucune raison, les rouleaux de natte bentonitique ne pourront être, soit traînés, soit soulevés par seulement une extrémité ou élingue, soit laissés tomber sur le sol à partir du camion de livraison ou soit déchargés de toute autre façon qui pourrait endommager la natte bentonitique et son emballage.

7.1.4 Réparer immédiatement toute déchirure de l'emballage apparue durant le déchargement en utilisant un ruban ou autre matériau permettant de conserver l'étanchéité de l'emballage ou de l'enveloppe protégeant la natte bentonitique. Vérifier

l'état de la natte bentonitique proprement dite à tous les endroits où une déchirure de l'emballage a été notée.

7.2 Entreposage au chantier

7.2.1 Entrepoiser les rouleaux de natte bentonitique dans leur emballage original étanche dans un endroit à l'abri de la circulation de chantier, mais assez près de la zone de travail pour limiter leur manipulation. L'aire d'entreposage doit être nivelée, sèche, bien drainée, stable et doit protéger la natte bentonitique :

- des précipitations;
- des eaux stagnantes;
- des rayons ultraviolets;
- des produits chimiques;
- des flammes et des étincelles;
- des températures excédant 71 °C (160 °F);
- du vandalisme, des animaux;
- de toutes conditions environnementales ou autres qui pourraient affecter les propriétés physiques de la natte bentonitique.

7.2.2 Pour faciliter son installation, entreposer la natte bentonitique à l'abri du gel.

7.2.3 Toujours entreposer les rouleaux de natte bentonitique à plat continuellement supportés, mais ne portant jamais sur une seule extrémité. Ne jamais entreposer les rouleaux sur des blocs ou des palettes de façon à éliminer les risques de tassement ponctuel de la bentonite.

Les rouleaux peuvent être empilés les uns sur les autres. Toutefois, il faut les placer de manière à ce qu'ils ne glissent pas ou ne tombent pas de la pile. La hauteur d'empilement recommandé est de deux (2) rouleaux. La hauteur d'empilement devra toutefois être établie de façon à assurer une accessibilité sécuritaire des rouleaux à la machinerie et aux travailleurs et empêcher l'écrasement ou la déformation des rouleaux à la base de l'empilement.

7.2.4 Si l'intégrité de l'emballage du rouleau n'a pas été affectée durant le transport et le déchargement et si les exigences concernant l'entreposage et spécifiées dans les paragraphes précédents ont été respectées, les rouleaux de natte bentonitique peuvent être entreposés et empilés sur le chantier le tout recouvert d'une membrane imperméable. Une fois la membrane installée, l'Installateur doit mettre en place du sable ou un matériau équivalent en périphérie de façon à éviter le soulèvement de la membrane.

Pour un entreposage à long terme, il est recommandé de placer les rouleaux de natte bentonitique à l'abri des intempéries dans un bâtiment.

7.3 Acceptation des rouleaux défectueux endommagés

Dans l'éventualité qu'un ou plusieurs rouleaux aient subi une exposition à l'eau, chaque rouleau devra être mis à l'écart pour être examiné par l'Installateur et le Consultant en assurance-qualité dans le but de déterminer la gravité des dommages. Si les dommages sont mineurs, la partie endommagée devra être enlevée. Par contre, si les dommages sont majeurs, le ou les rouleaux devront être rejetés.

7.4 Installation

La surface d'appui doit être propre et exempte d'aspérités. L'équipement de mise en place ne doit en aucun cas endommager la surface de l'assise. L'Installation ne doit pas créer des dépressions de la surface d'appui granulaire supérieure à 25 mm. L'Installateur doit s'assurer qu'aucune roche ou autres débris ne soient emprisonnés sous la natte.

L'Installateur doit faire connaître sa méthode de déploiement avant de l'utiliser. Sa procédure pourra être discutée lors de la réunion de pré-construction.

L'Installateur doit respecter les points suivants avant et pendant le déploiement des rouleaux :

- a) tous les chevauchements dans les pentes doivent être orientés parallèlement au pendage des pentes maximales;
- b) l'alignement des rouleaux doit permettre un chevauchement minimal de 150 mm longitudinal et 300 mm transversal (bout à bout);
- c) la natte bentonitique doit être coupée avec des instruments appropriés (tels que couteaux à tapis);
- d) la natte bentonitique doit être gardée aussi propre que possible et protégée d'une exposition à l'eau jusqu'au moment du recouvrement par la géomembrane en PEHD.

Les joints doivent être réalisés avec de la bentonite sèche ou selon les spécifications du fabricant pour le produit concerné. Si de la bentonite sèche est ajoutée au joint, on doit prendre toutes les précautions pour ne pas introduire de bentonite dans les réseaux de collecte. La bentonite sèche doit être mise en place à l'aide d'équipements appropriés afin de réduire la migration de la bentonite dans l'air ou sur l'assise.

7.5 Réparations

Tous les trous et déchirures dans les nattes bentonitiques devront être réparés avec une pièce de la même natte. La pièce devra dépasser la défectuosité de 300 mm dans toutes les directions.

Toute superficie hydratée avant le recouvrement de la natte bentonitique doit être remplacée.

8. Installation et contrôle de qualité de la géogridde de renforcement (non applicable)

8.1 Livraison, entreposage et manutention des géogrilles

Effectuer une inspection visuelle à chaque livraison de rouleaux de géogridde afin de s'assurer que ces derniers n'ont subi aucun dommage mécanique (déchirures, coupures, etc.).

Éviter que les géogrilles ne soient mises en contact ou éclaboussées avec des produits pouvant en altérer les propriétés.

Entreposer à des températures supérieures à -20 °C. Suivre les recommandations du fabricant relativement à la protection contre les rayons solaires.

Les rouleaux doivent indiquer le type de géogridde, les dimensions des rouleaux et le nom du Manufacturier.

8.2 Installation

Dérouler manuellement le rouleau sur l'assise, en le retenant s'il est installé dans une pente. Une fois la géogridde mise en place, éliminer tous les gondolements, vagues, etc. en tirant sur l'extrémité. S'assurer de garder la géogridde en tension en utilisant des sacs de sable ou tout autre système d'ancrage approuvé par le Maître d'oeuvre.

Les rouleaux adjacents de géogrilles nécessitent un chevauchement latéral de 50 mm et doivent être joints ensemble au moyen d'attaches en plastique genre « tie wraps » à tous les 1,5 m. De plus, les rouleaux doivent être chevauchés longitudinalement aux extrémités pour assurer la continuité du support en tension. La longueur de ce chevauchement longitudinal est fonction de la valeur de la Résistance à la jonction de la géogridde apparaissant à la section 3.0 du présent devis :

- Si la valeur de la Résistance à la Jonction, déterminée selon l'essai GRI-GG2, est inférieure à 90 % de la Résistance en tension « T_{ULT} » (à l'ultime) telle que déterminée par l'essai GRI-GG1, la longueur du chevauchement longitudinal devra être de 1,5 m.

- Dans le cas contraire, la longueur du chevauchement longitudinal est réduite à 0,6 m.

Pour les géogrilles faites de polyéthylène (PEHD) ou de polypropylène (PP), le chevauchement longitudinal est réalisé au moyen d'une barre mécanique (25 mm minimum de largeur par 5 mm minimum d'épaisseur) faite d'un matériau polymérique, entrelacée dans les deux rouleaux à chevaucher (« bodkin connection »). Cette barre mécanique doit avoir une longueur au moins égale à la largeur d'un rouleau de géogrilles. Pour les géogrilles en Polyester (PET), le chevauchement longitudinal doit être fait par coutures (fils en Kevlar) perpendiculaires à la direction de la charge.

8.3 Assistance technique

Un représentant qualifié du Manufacturier doit venir au chantier en début des travaux d'installation de la géogrille pour assister l'Installateur.

Le représentant doit revenir pour rencontrer l'Entrepreneur général lorsqu'il débutera les travaux de mise en place de la couche de protection.

8.4 Réparations

Si la géogrille doit être réparée, suivre les prescriptions de la section 8.2 relativement aux chevauchements.

9. Construction de la barrière imperméable

9.1 Jonction des nouveaux géosynthétiques aux géosynthétiques existants

À l'extrémité des géosynthétiques existants, l'Installateur devra, pour raccorder les nouveaux géosynthétiques, enlever les piquets de bois, enlever la couche de drainage, enlever les géotextiles de protection, couper les géomembranes de 1^{er} et de 2^e niveaux suivant une ligne continue pour éliminer la soudure existante, nettoyer les géomembranes avec un produit et/ou une méthode appropriés pour faciliter les travaux de soudure et chevaucher les nouveaux géosynthétiques aux existants sur une longueur minimale de 600 mm. L'Entrepreneur doit également prévoir enlever et remplacer toute partie de natte bentonitique en place qui aura été en contact avec de l'eau et/ou du lixiviat.

9.2 Protection de la barrière imperméable

À l'extrémité des nouveaux géosynthétiques, l'Installateur doit mettre en place une couche de géotextile type 3, tel qu'il est détaillé aux plans, pour protéger la barrière imperméable.

10. Mise en place et contrôle de qualité du recouvrement granulaire

10.1 Inspection des géosynthétiques

Le comportement et l'état des géosynthétiques, durant leur recouvrement par la couche drainante, devront être constamment surveillés. Les géosynthétiques doivent être approuvés avant de procéder à leur recouvrement. Aucun équipement ne sera autorisé à circuler directement sur les géosynthétiques.

Avant le recouvrement par la couche drainante, le Consultant en assurance-qualité identifiera tout grand pli qui aura pu se produire dans la géomembrane. Les plis qui n'ont pas été fabriqués pour accommoder les contractions thermiques de la géomembrane devront être coupés, réparés et testés par l'Installateur conformément à la section 4.10.

Avant le recouvrement par la couche drainante, le Consultant en assurance-qualité identifiera tout grand pli qui aura pu se produire dans la géogrille. Les plis devront être éliminés conformément aux prescriptions de la section 8.4.

10.2 Certification du matériau granulaire

Les types de matériaux granulaires et leur épaisseur doivent être conformes aux prescriptions des « Clauses techniques particulières ». L'Entrepreneur général devra fournir au Gérant de projet la provenance du matériau ainsi que les résultats suivants avant de procéder à l'approvisionnement au chantier.

Le cas échéant :

- a) une analyse granulométrique;
- b) le pourcentage de matières organiques;
- c) le pourcentage de carbonates (calcaire non acceptable);
- d) la perméabilité.

Voir les « Clauses techniques particulières » pour les exigences selon le type de matériau.

Tout changement de zone d'approvisionnement devra faire l'objet d'une nouvelle évaluation avant l'approvisionnement.

10.3 Entreposage de la couche drainante (pierres nettes) et/ou couche de protection

Les pierres nettes doivent être entreposées conformément aux spécifications des « Clauses techniques particulières » relatives aux matériaux granulaires. La zone et le matériau doivent être convenablement identifiés pour éviter la contamination par d'autres matériaux.

10.4 Échantillonnage

Voir « Clauses techniques particulières ».

10.4.1 Pierres nettes

Voir « Clauses techniques particulières ».

10.4.2 Emprunt classe B (géogrille de renforcement seulement)

Voir « Clauses techniques particulières ».

10.4.3 Perré de protection

Voir « Clauses techniques particulières ».

10.5 Essais en laboratoire

Les résultats seront transmis au Gérant de projet à des fins d'analyse et pour déterminer si le matériau granulaire est conforme ou non. Les « Clauses techniques particulières » peuvent exiger ces essais en tout ou en partie.

Pierres nettes

Voir « Clauses techniques particulières ».

10.6 Résultats

Si les résultats ne sont pas conformes et que l'on présume un échantillonnage non représentatif ou une erreur du laboratoire, on peut faire analyser à nouveau par le même laboratoire ou par un différent.

Par la suite, si les résultats ne sont pas conformes, le matériau sera rejeté, et l'ensemble de l'approvisionnement couvert par l'analyse non conforme devra être évacué de l'emprise des travaux.

Les « Clauses techniques particulières » précisent, les exigences pour les propriétés des différents types de remblai (section 02315).

10.7 Mise en place

10.7.1 Sur la barrière imperméable

Les équipements autorisés seront les excavatrices et les boteurs de type « Low-Pressure » (9 psi maximum), et ce, sur un minimum de 500 mm de couche drainante couvrant la géomembrane ou selon les indications des clauses techniques.

L'équipement utilisé ne devra pas être muni de clous et en aucun temps le virage des équipements sur les premiers 500 mm d'épaisseur de la couche ne sera permis.

Une attention particulière devra être portée lors de l'épandage des premiers 500 mm pour que l'équipement ne touche en aucun temps les géosynthétiques.

Les autres équipements, comme les camions de transport, seront autorisés à rouler sur les rampes d'accès qui auront une épaisseur minimum de un (1) m au-dessus des géosynthétiques. Aucun déversement, directement de la benne du camion sur les géosynthétiques, ne sera permis. La couche drainante devra être mise en place par poussée vers le haut du godet ou de la lame, de la machinerie utilisée.

L'Entrepreneur doit prendre note que les travaux de mise en place de la couche drainante ne sont pas réalisables uniquement avec un boteur, car ce dernier a tendance à former des plis dans les géosynthétiques. La combinaison excavatrice boteur s'est avérée la méthodologie optimale afin de préserver l'intégrité de la barrière imperméable.

10.7.2 Sur la géogrille

Une attention particulière devra être apportée à cette étape pour éviter que des vagues ou replis se forment dans la géogrille suite aux opérations de déchargement et d'épandage. Aucun équipement ne sera toléré directement sur la géogrille.

Au moins 150 mm de remblai doit être mis en place sur la géogrille avant de permettre la circulation des équipements sur chenilles tandis que 1000 mm de remblai doit être mis en place sur la géogrille avant de permettre la circulation d'équipement sur pneumatique. La lame du boteur devrait être graduellement levée à mesure que le matériau de remblai est poussé sur la géogrille; cette attention permettra d'épaissir la couche avant le passage de la machinerie.

L'épandage du matériau de remblai sur les géogrilles devrait préférablement être fait du bas vers le haut, évitant ainsi d'induire de trop grandes tensions dans la géogrille et son arrachement de la tranchée d'ancrage.

10.7.3 Documentation

L'information suivante doit être documentée dans un rapport de mise en place et soumise à l'approbation du Maître d'œuvre :

- a) la description et les caractéristiques des matériaux drainants;
- b) l'épaisseur des couches et l'épaisseur totale;
- c) les résultats des essais en laboratoire.

11. Acceptation de la barrière imperméable

La barrière imperméable sera acceptée lorsque :

- a) toutes les soudures et réparations sont terminées et ont passé tous les tests associés;
- b) le recouvrement de la barrière imperméable sera complété;
- c) la documentation de l'installation est complétée incluant la garantie de fabrication des géomembranes.

Cette documentation devra être soumise sous forme de rapport final et devra contenir au moins les éléments suivants :

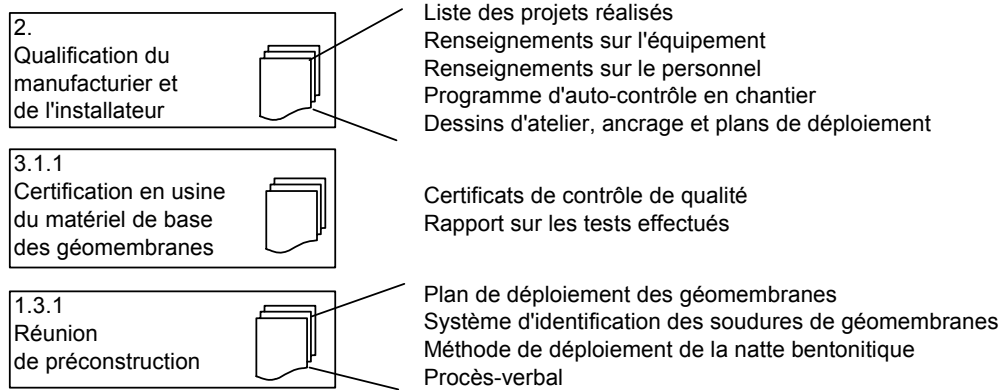
- a) un résumé des activités de construction;
- b) un résumé des activités de contrôle de qualité;
- c) une certification de conformité des matériaux;
- d) une certification de conformité des travaux;
- e) les résultats des contrôles de qualité des Manufacturiers;
- f) les résultats des contrôles de qualité de l'Installateur;
- g) les plans « Tel que construit » de tous les géosynthétiques;
- h) la signature des responsables.

Chacun des niveaux de géosynthétiques devra être accepté par le Maître d'oeuvre avant que l'Installateur ne soit autorisé à mettre en place le niveau supérieur.

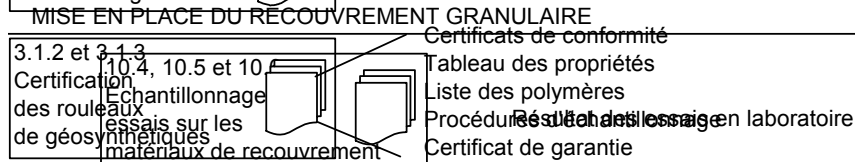
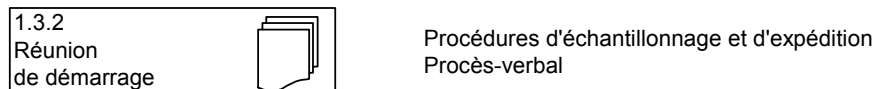
L'acceptation de chacun des niveaux pourra se faire en totalité ou en partie afin d'accélérer la construction de la barrière imperméable.

12. Diagrammes d'assurance-qualité

12.1 Mise en place



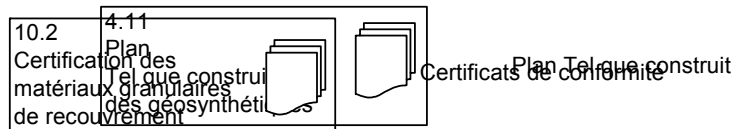
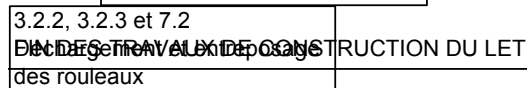
TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU LET




EXPÉDITION DES GÉOSYNTHÉTIQUES



RÉCEPTION DES GÉOSYNTHÉTIQUES ET FIN DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE LA BARRIÈRE IMPERMÉABLE



3.3
Certification au chantier
des rouleaux de
géosynthétiques




Résultats des essais pour analyse

TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE LA BARRIÈRE IMPERMÉABLE

1.3.3
Réunion hebdomadaire


3.4
Tranchée d'ancrage

3.5 et 7.4
Préparation
de la surface
d'assise



Certificat d'acceptation de l'assise
Rapport d'acceptation

4.1
Localisation
des panneaux
de géomembrane




Modifications au plan de déploiement

4.2
Identification
des panneaux de
géomembrane

DÉPLOIEMENT DES GÉOSYNTHÉTIQUES

7.4 et 7.5
Installation et réparation de la
natte bentonitique

4.
Installation et contrôle
des géomembranes



Modifications au plan de déploiement
Enregistrement des dommages
Documentation des essais de calibration
Documentation des essais non destructifs
Documentation des essais destructifs
Documentation des réparations

5.
Installation et contrôle
des géotextiles

6.
Installation et contrôle
des géofilets

10.1
Inspection et réparations
des géosynthétiques

MISE EN PLACE DU RECOUVREMENT GRANULAIRE

10.4, 10.5 et 10.6
Échantillonnage et
essais sur les
matériaux de recouvrement



Résultat des essais en laboratoire

10.7
Mise en place du
matériau de
recouvrement



Rapport de mise en place

FIN DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE LA BARRIÈRE IMPERMÉABLE

11.
Acceptation
de la barrière
imperméable



Rapport final de documentation de l'installation

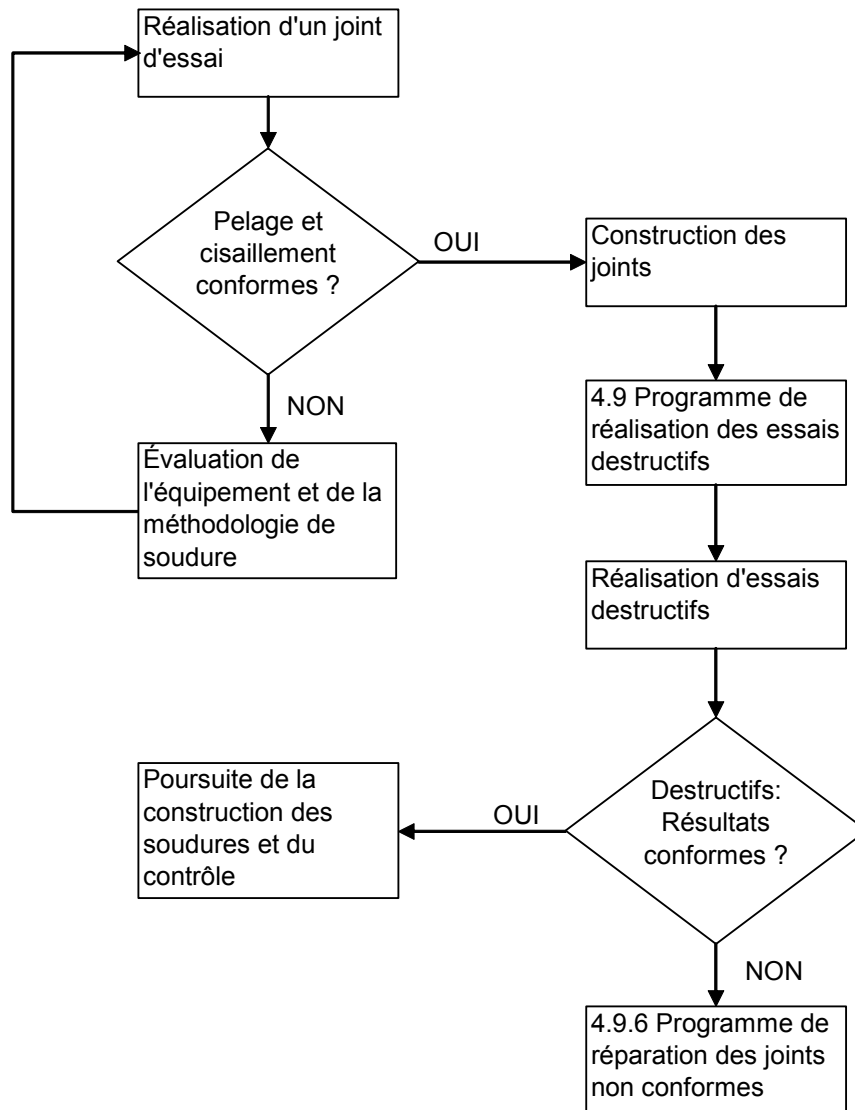
FIN DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU LET

4.11
Plan
Tel que construit
des géosynthétiques



Plan Tel que construit

12.1.1 Processus de contrôle sur les soudures de géomembranes



13. Liste de référence

US Environmental Protection Agency

- EPA 530/SW-91/051. « Technical Guidance Document: Inspection Techniques for the Fabrication of Geomembrane Field Seam », May 1991, 174 pages
- EPA 540/R-92/073. « Technical Guidance Document: Construction Quality Management for Remedial Action and Remedial Design Waste Containment Systems », October 1992, 108 pages
- EPA 600/R-93/182. « Technical Guidance Document: Quality Assurance and Quality Control for Waste Containment Facilities », September 1993, 305 pages

American Society for Testing and Materials

- ASTM D792-00. « Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement »
- ASTM D1004-94a (2003). « Standard Test Methods for Initial Tear Resistance of Plastics Film and Sheeting »
- ASTM D1238-04c. « Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer »
- ASTM D1505-03. « Standard Test Method for Density of Plastic by the density Gradient Technique »
- ASTM D2434-68 (2000). « Standard Test Method for permeability of Granular Soils (Constant Head) »
- ASTM D3042-03. « Standard Test Method for Insoluble Residue in Carbonate Aggregates »
- ASTM D3895-06. « Standard Test Method for Oxidative-Induction Time of Polyolefin by Differentials Scanning Calorimetry »
- ASTM D4218-96 (2001). « Standard Test Method for Determination of Carbon Black Content in Polyethylene Compounds by the Muffle – Furnace Technique »
- ASTM D4354-99 (2004). « Standard Practice for Sampling of Geosynthetics for Testing »
- ASTM D4632-91 (2003). « Standard Guide for Obtaining of Geosynthetics Clay liner »
- ASTM D4716-04. « Test Method for Determining the (In-Plane) Flow Rate per Unit Width and Hydraulic Transmittivity of a Geosynthetic using a Constant Head »
- ASTM D4833-00e1. « Standard Test Method for Index Puncture Resistance of Geotextiles, Geomembranes, and Related Products »
- ASTM D4976-06. « Standard Specification for Polyethylene Plastics Molding and Extrusion Materials »

- ASTM D5035-06. « Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of textile Fabrics (Strip Method) »
- ASTM D5084-03. « Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials using a Flexible Wall Permeameter »
- ASTM D5199-01. « Standard Test Method for Measuring the Nominal Thickness of Geosynthetics »
- ASTM D5261-92 (2003). « Standard Test Method for Measuring Mass per Unit Area of Geotextiles »
- ASTM D5397-99 (2005). « Standard Test Method for Evaluation of Stess Crack Resistance of Polyolefin Geomembranes using Notched Constant Tensil Road Test »
- ASTM D5596-03. « Standard Test Method for Microscopic Evaluation of the Dispersion of Carbon Black in Polyolefin Geosynthetics »
- ASTM D5890-06. « Standard Test Method for Swell Index of Clay Mineral Component of Geosynthetic Clay Liners »
- ASTM D5891-02. « Standard Test Method for Fluid Loss of Clay Component of Geosynthetic Clay Liners »
- ASTM D5993-99 (2004). « Standard Test Method for Measuring Mass per Unit of Geosynthetic Clay Lines »
- ASTM D5994-98 (2003). « Standard Test Method for Measuring Core Thickness of Textured Geomembrane »
- ASTM D6072-96 (2002). « Standard Guide for Obtaining of Geosynthetics Clay liner »
- ASTM D6243-06. « Standard Test Method for Determining the Intervaland Interface Shear Resistance of Geosynthetic Clay Liner by the Direct Shear Method »
- ASTM D6364-99 (2004). « Standard Test Method for Determining the Short Term Compression Behavior of Geosynthetics »
- ASTM D6392-99 (2006). « Standard Test Method for Determining the Integrity of Nonreinforcing Geomembrane Seams Produced Using Thermo-Fusion Methods »
- ASTM D6496-04a. « Standard Test Method for Determining Average Bonding Peel Strength between the Top and bottom Layers of Needle – Punched Geosynthetic Clay Liners »
- ASTM D6693-04. « Standard Test Method for Determining Tensile Properties of Nonreinforced Polyethylene and Nonreinforced Flexible Polypropylene Geomembrane »

Standard Council of Canada

- CAN/CGSB-148.1 N° 2-M85. « Methods of testing geotextiles and geomembranes – Mass per unit area »
- CAN/CGSB-148.1 N° 3-M85. « Methods of testing geotextiles and geomembranes – Thickness of geotextiles »
- CAN/CGSB-148.1 N° 4-94. « Méthodes d'essais des géosynthétiques, géotextiles – perméabilité à l'eau dans un sens normal sous charge compression »
- CAN/CGSB-148.1 N° 7.3-92. « Méthodes d'essais pour géotextiles et géomembranes – Essais de résistance à la rupture des géotextiles – Essai d'arrachement ».
- CAN/CGSB-148.1 N° 10-94. « Méthodes d'essais des géosynthétiques, géotextiles – Détermination du diamètre d'ouverture de filtration ».
- CAN/CGSB-4.2 N° 11.1-94. « Méthodes pour épreuves textiles – Résistance à l'éclatement – Essais à l'éclatomètre à membrane ».
- CAN/CGSB-4.2 N° 12.2-95. « Méthodes pour épreuves textiles – Résistance à la déchirure – Méthode trapézoïdale ».

Geosynthetic Research Institute

- GRI GM12, Mod. October 1998 « Asperity Measurement of Textured Geomembranes Using a Depth Gape ».
- GRI GM13, Revision 8, July 10, 2006. « Test Methods Test Properties and Testing Frequency for High Density Polyethylene (HDPE) Smooth and Textured Geomembrane ».
- GRI GM14, Adopted March 27, 1998. « Selective Variable Intervals for taking Geomembrane Destructive Seam Samples using the Method of a Attributes ».
- GRI GM17, Revision 5, July 10, 2006. « Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Smooth and Textured Geomembranes ».
- GRI GM19, Revision 2, January 28, 2005. « Seam Strength and Related Properties of Thermally Bonded Polyolefin Geomembranes ».

Bureau de normalisation du Québec

- 2560-040 « Granulats – Analyse granulométrique par tamisage »
- 2560-265 « Granulats – Détermination du pourcentage de particules plate et de particules allongées »

FIN DE SECTION

ANNEXE H

ESTIMATION DES COÛTS

ANNEXE H – ESTIMATION DES COÛTS D'ÉLIMINATION

1.1 Généralité

Les coûts d'élimination d'un lieu d'enfouissement technique (LET) se composent de trois volets distincts : soit les coûts d'aménagement, les coûts d'opération et les coûts pour le fonds de suivi en période de postfermeture. Une estimation de ces trois volets est réalisée dans le cadre de la présente analyse économique. Tous les coûts présentés sont en dollars 2011 et excluent les taxes sauf pour les coûts relatifs à la contribution annuelle au fond de suivi post-fermeture qui incluent les taxes et qui sont en dollars 2014 afin de répondre aux exigences du MDDEP.

1.2 Coûts d'aménagement du LET

Les coûts d'aménagement du LET incluent les coûts pour 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. De plus, ces coûts ne tiennent pas compte des coûts d'acquisition des terrains.

Les immobilisations sont séparées en deux (2) catégories, soit :

1. les équipements servant à l'ensemble du site pour toute sa durée de vie et financé sur 20 ans ;
2. les cellules et ouvrages similaires qui ont une durée de vie moyenne de trois ans (i.e. 42,5 ans divisés en 13 cellules) et une capacité moyenne de 143 000 t. Il est prévu que ces ouvrages seront financés sur trois ans, soit leur durée de vie utile.

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.

Les immobilisations « long terme » s'élèvent à environ 14 393 000 \$. Pour un financement de 20 ans et au taux d'intérêt de 7 %, le coût annuel serait de 1 358 597 \$. Pour les immobilisations à court terme, elles sont estimées à 35 583 820 \$. Comme 13 cellules ou phases d'aménagement sont prévues, chaque phase coûterait en moyenne 2 737 220 \$. Pour un financement de trois (3) ans et un taux d'intérêt de 7 %, le coût annuel pour cet item serait de 1 043 021 \$.

Tableau 1 Coûts d'aménagement du LET de la RMLSJ

Portion long terme		
Travaux		
Chemin d'accès au site		1 825 000 \$
Chemins périphériques incluant fossés		640 000 \$
Alimentation électrique		200 000 \$
Garage, poste d'accueil		450 000 \$
Balance et détecteur de radiation		150 000 \$
Réseau de puits d'observation (eau et gaz)		21 000 \$
Filière de traitement des eaux de lixiviation		4 500 000 \$
Torchères (bâtiment de service et réseau)		1 500 000 \$
Stations de pompage		400 000 \$
Compacteur et autres équipements		1 000 000 \$
Ouvrages divers (bollards, panneaux d'identification, clôtures)		150 000 \$
Sous-total - Travaux		10 836 000 \$
Organisation de chantier	5%	541 800 \$
Imprévus	10%	1 137 780 \$
Contingences	15%	1 877 337 \$
TOTAL LONG TERME		14 392 917 \$
TOTAL LONG TERME ARRONDI (\$2011)		14 393 000 \$
Portion court terme		
Travaux		
Déboisement, essouchement		1 500 000 \$
Préparation de l'assise		2 900 000 \$
Imperméabilisation de l'assise		5 800 000 \$
Couche drainante et réseau de collecte		3 625 000 \$
Recouvrement final		5 075 000 \$
Déblai		750 000 \$
Remblai (LET et clé)		7 140 000 \$
Sous total - Travaux		26 790 000 \$
Organisation de chantier	5%	1 339 500 \$
Imprévus	10%	2 812 950 \$
Contingences	15%	4 641 368 \$
TOTAL COURT TERME		35 583 818 \$
TOTAL COURT TERME ARRONDI (\$2011)		35 583 820 \$

Donc, l'ensemble des immobilisations générera une dépense annuelle totale de 2 401 618 \$, soit 48.03 \$/t pour un tonnage annuel de 50 000 t. Il est à noter que ce coût unitaire est fourni à titre indicatif seulement et est fonction de plusieurs facteurs, dont les hypothèses de calcul, le mode de financement, etc.; il est donc sujet à révision une fois que le projet sera mieux défini.

1.3 Coûts d'opération du LET

Les coûts d'opération peuvent être séparés, pour les fins de la présente, en cinq 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.

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. Il est à noter que ces coûts excluent les redevances sur les matières résiduelles destinées à l'enfouissement ainsi que les royautés à la municipalité hôte s'il y a lieu.

1.3.1 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 50 000 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 ont également été considérés. Selon la production des divers équipements, le coût annuel moyen pour la machinerie est évalué à environ 150 000 \$. Il est à noter que ce montant est applicable pour une usure moyenne et il comprend 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 25 000\$ a été considéré.

Dans le cadre de la présente étude, il a été considéré que des matériaux d'emprunt devront être importés au site pour le recouvrement journalier. Une allocation de 250 000 \$/an est prévue à cet égard.

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

Tableau 2 : Coûts annuels des opérations d'enfouissement

Description	Coût annuel
Main-d'œuvre (2,5 personnes x 50 000 \$/an)	125 000 \$
Machinerie	150 000 \$
Matériaux divers	25 000 \$
Matériaux de recouvrement journalier	250 000 \$
Sous-total	550 000 \$

1.3.2 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.

Tableau 3 : Estimation des coûts annuels pour la gestion du LET de la RMRLSJ

Description	Coût annuel
➤ Opération de la balance	
• Opérateur	50 000 \$
• Frais d'opération du bâtiment de service et du garage (chauffage, fourniture de bureau, téléphone, électricité, etc.)	50 000 \$
• Certification annuelle de la balance et du système de détection des radiations	1 500 \$
• Divers (entretien de bâtiment)	2 000 \$
Somme partielle	103 500 \$
➤ Entretien du site	
• Nettoyage des lieux (8 h/sem x 50 sem x 20 \$/h)	6 000 \$
• Déneigement des chemins	10 000 \$
• Tonte du gazon	5 000 \$
Somme partielle	21 000 \$
➤ Administration	
• Globale	50 000 \$
Somme partielle	50 000 \$
➤ Dépenses diverses	
• Assurances générales	10 000 \$
• Honoraires professionnels divers	10 000 \$
• Imprévus	15 000 \$
Somme partielle	35 000 \$
Coût annuel estimé	209 500 \$

1.3.3 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. Aux fins de la présente, un débit moyen de 23 500 m³ par an est retenu.

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, des équipements du procédé de traitement ainsi que les divers équipements connexes ;
- Le renouvellement et l'entretien des équipements ;
- L'achat de produits chimiques divers incluant les bactéries d'ensemencement ;
- La disposition des boues.

Pour la main-d'œuvre, un budget total de 30 000 \$ 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 prend en considération l'embauche à temps partiel d'un technicien en assainissement.

Les coûts de renouvellement et d'entretien des équipements ainsi que les coûts en énergie ont été basés sur les coûts moyens d'opération de sites pourvus de filières de traitement biologique ayant à gérer des volumes similaires d'eaux de lixiviation. Un montant de 35 000 \$ a été alloué pour le renouvellement et l'entretien des équipements tandis qu'un montant de 43 000 \$ est estimé pour couvrir les coûts en énergie.

Une allocation de 10 000 \$ a été prévue pour l'achat de produits chimiques divers (acide phosphorique, bactéries, etc.) tandis qu'un montant de 1000 \$ a été alloué pour la disposition périodique des boues. Finalement, un montant supplémentaire de 5000 \$ a été accordé pour l'entretien ou le remplacement de divers équipements comme les vannes ou autres instruments.

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

Tableau 4 : Coûts annuels associés à la collecte et au traitement des eaux de lixiviation

Description	Coût annuel
➤ Main d'oeuvre	
• Mise en opération (mai) et hibernation (décembre)	10 000 \$
• Opération et suivi du traitement (moyenne 185 j)	20 000 \$
Somme partielle	30 000 \$
➤ Coûts énergétiques	
• Postes de pompages	2 000 \$
• Équipements de traitement	40 000 \$
• Instrumentation	1 000 \$
Somme partielle	43 000 \$
➤ Renouvellement et entretien des équipements	
• Postes de pompages	10 000 \$
• Équipements de traitement	20 000 \$
• Équipements divers (vannes, instrumentation, etc;)	5 000 \$
Somme partielle	35 000 \$
➤ Autres coûts divers	
• Allocation pour produits chimiques	10 000 \$
• Disposition des boues	1 500 \$
• Divers	5 000 \$
Somme partielle	16 500 \$
Coût annuel estimé	124 500 \$

1.3.4 Gestion du biogaz

Les coûts d'opération du système de biogaz sont fonction de la conception finale du système. Le dimensionnement sera ajusté en fonction d'essais de pompage *in-situ* et il n'est pas possible de dimensionner, de façon détaillée, les composantes du système.

L'exploitation de ce système nécessite une main-d'œuvre spécialisée pour la calibration du réseau en fonction des concentrations en méthane. De plus, un technicien en

assainissement de la ville pourrait également être mis à contribution pour une vérification périodique du bon fonctionnement des équipements.

Basée sur les coûts d'opération observés sur des sites de taille similaire, une allocation de 50 000 \$ est prévue pour l'opération du système de biogaz.

1.3.5 Programme de suivi environnemental

Tel que décrit à la section 9, le programme de surveillance environnemental associé 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 ouvrables (120 h) par année est requis pour la planification et la réalisation des diverses campagnes d'échantillonnage. Un montant de 6000 \$ a été estimé.

Pour le matériel d'échantillonnage, un budget de 1500 \$/an a été prévu pour l'achat ou l'entretien des équipements d'échantillonnage requis tandis qu'un montant de 1000 \$ a été alloué pour l'entretien et le remplacement des puits de surveillance.

Concernant le coût des analyses chimiques, une allocation de 25 000 \$/an a été réservée incluant un montant de 2 000 \$ pour les analyses chimiques complémentaires qui pourraient s'avérer nécessaires dans le cadre du programme de surveillance environnementale. Le tableau 5 résume les coûts annuels pour l'application du programme de suivi environnemental.

Tableau 5 : Coûts annuels du programme de surveillance environnementale

Description	Coût annuel
➤ Technicien en environnement : 120 h/an x 50 \$/h	6 000 \$
➤ Entretien et remplacement des puits de surveillance	1 000 \$
➤ Dépenses et matériel d'échantillonnage	1 500 \$
➤ Analyse chimique en laboratoire :	
• Eaux de surface	2 000 \$
• Eaux souterraines	6 000 \$
• Eaux de lixiviation	10 000 \$
• Biogaz	5 000 \$
• Analyses complémentaires	2 000 \$
Coût annuel estimé	25 000 \$

1.3.6 Entretien et remplacement des ouvrages et équipements

Les coûts annuels pour l'entretien et le remplacement de l'ensemble des ouvrages et des équipements constituant le LET ont été estimés en fonction de leur durée de vie anticipée et des coûts approximatifs de construction.

Ces coûts couvrent l'ensemble des actifs du LET incluant les chemins d'accès et de services, le bâtiment, le bassin d'accumulation et la filière de traitement biologique, les conduites et regards de collecte et de distribution des eaux de lixiviation, les conduites et regards d'évacuation des eaux pluviales, les stations de pompage, etc.

Au niveau du LET, le système d'imperméabilisation n'est habituellement pas considéré dans les coûts d'entretien et de remplacement. En effet, cet ouvrage est conçu à la base pour avoir une durée de vie supérieure à celle requise pour la stabilisation des matières résiduelles. Dans ce contexte, aucune allocation n'est prévue pour cet item.

Les conduites pour la collecte du lixiviat localisées à l'intérieur de l'aire d'élimination sont également conçues pour une durée de vie surpassant celle de la stabilisation des matières résiduelles puisqu'il est difficilement envisageable de les remplacer suite à l'enfouissement des matières résiduelles. Ces conduites doivent par contre faire l'objet

d'un nettoyage périodique, habituellement à tous les cinq ans. Un montant annuel moyen de 6 000 \$ a été retenu pour cette activité.

Pour le recouvrement final du LET, la réalisation de travaux d'entretien et de correction a été prévue dans les coûts annuels. Cet entretien se limitera essentiellement à des travaux correctifs de remblayage (essentiellement la couche de protection de sable) et d'ensemencement pour maintenir une évacuation efficace des eaux de ruissellement et à une tonte périodique du site. De plus, les tassements différentiels affectant le LET diminuent rapidement dans le temps; il en sera de même pour les travaux correctifs à réaliser. Un montant équivalent à environ 0,5 % du coût d'aménagement initial a été considéré correspondant à un coût annuel de 25 000 \$.

Le bassin d'accumulation est construit, tout comme le système d'imperméabilisation du LET, à partir de matériaux géosynthétiques inertes. Cet ouvrage est ainsi caractérisé par une durée de vie importante si un entretien préventif est effectué de façon périodique. L'entretien se limite ainsi essentiellement au maintien des couches de protection des digues internes et externes du bassin. Un montant annuel de 3 500 \$ a été retenu.

Au niveau du système de collecte et de destruction du biogaz, les puits d'aspiration et le réseau de conduites de collecte sont installés de façon progressive au cours de l'exploitation du LET. Les conduites en PEHD constituant ces ouvrages possèdent une durée de vie considérable. Cependant, de manière à permettre une meilleure efficacité de captage, il est possible que des modifications soient apportées au réseau de collecte de biogaz. Un montant de 15 000 \$ a été accordé pour ce poste. Les soufflantes d'aspiration et la torchère d'incinération des biogaz nécessitent par contre un entretien périodique plus poussé. De fait, les soufflantes doivent être remplacées périodiquement, soit environ à tous les 20 ans. Ainsi, pour l'entretien et le remplacement des soufflantes et pour l'entretien de la torchère un budget de 10 000 \$ a été alloué. Pour l'entretien et le remplacement des ouvrages de collecte et de destruction des biogaz, un montant total annuel de 25 000 \$ est accordé.

Pour les chemins d'accès et de services, le coût qui englobe le reprofilage périodique des chemins et le renouvellement de la structure de chaussée, un montant estimé à 3 000\$ a été retenu pour l'entretien périodique de ces ouvrages. Pour l'entretien du

bâtiment de service, il est estimé qu'un montant annuel de l'ordre de 2 500\$ sera requis. Un montant supplémentaire de 1 000 \$ a finalement été alloué pour l'entretien ou le remplacement de divers ouvrages comme les clôtures et barrières, les panneaux d'identification et de signalisation, etc.. Ainsi, pour l'entretien et le remplacement des infrastructures auxiliaires, un montant annuel de 6500 \$ a été alloué.

Les coûts annuels estimés pour l'entretien et le remplacement des ouvrages et équipements totalisent 66 000 \$ et sont résumés au tableau 6.

Tableau 6 : Coûts annuels associés à l'entretien et au remplacement des ouvrages et équipements

Description	Coût annuel
➤ Infrastructures du LET	
• Nettoyage des conduites de collecte du lixiviat	6 000 \$
• Recouvrement final	\$
○ 0,5% de l'investissement initial (5 075 000 \$)	25 000 \$
Somme partielle	31 000 \$
➤ Collecte, distribution et traitement du lixiviat	
• Entretien des digues du bassin d'accumulation	3 500 \$
Somme partielle	3 500 \$
➤ Collecte et destruction des biogaz	
• Réseau de collecte et puits d'aspiration	15 000 \$
• Soufflantes d'aspiration et torchères	10 000 \$
Somme partielle	25 000 \$
➤ Infrastructures auxiliaires	
• Chemins d'accès et de service incluant les fossés et ponceaux	3 000 \$
• Bâtiment de service	2 500 \$
• Divers (clôtures, barrières, panneaux, etc.)	1 000 \$
Somme partielle	6 500 \$
Coût annuel estimé	66 000 \$

1.3.7 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.

Tableau 7 : Synthèse des coûts d'opération du LET

Description	Coût annuel
➤ Opération d'enfouissement	550 000 \$
➤ Gestion du site	209 500 \$
➤ Protection de l'environnement	
• Traitement des eaux de lixiviation	124 500 \$
• Traitement du biogaz	50 000 \$
• Programme de suivi environnemental	25 000 \$
➤ Entretien et remplacement des ouvrages et équipements	66 000 \$
Coût annuel global (\$ 2011)	1 025 000 \$
Tonnage annuel anticipé	50 000 T
Coût unitaire à la tonne	20,50 \$/T

1.4 Coûts en période postfermeture

1.4.1 Généralité

La directive pour le projet d'aménagement du Lieu d'enfouissement technique (LET) de la régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean émise en 2011 par la Direction des évaluations environnementales du ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) impose à l'exploitant de prévoir l'entretien postfermeture de son site tel que prescrit à l'article 83 du Règlement sur l'élimination et l'incinération des matières résiduelles (REIMR).

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 affaissements, 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 collecte et d'incinération 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 MDDEP exige la mise en place de fonds en fiducie pour assurer le financement de cet entretien postfermeture.

La présente évaluation des frais d'entretien postfermeture comporte divers volets :

- l'application des programmes de suivi environnemental;
- l'inspection générale des lieux;
- la gestion des eaux de lixiviation et ;
- l'opération du système de biogaz;
- l'entretien et le remplacement des ouvrages et équipements, et;
- la gestion du LET.

Les coûts pour chacun de ces volets sont ventilés dans les sections suivantes.

1.4.2 Programme de surveillance environnemental

Aux 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 25 000 \$. Ce coût est jugé sécuritaire puisque l'analyse de certains paramètres pourra éventuellement être diminuée, voire même abandonnée, dans le cadre du programme de surveillance environnementale en période postfermeture lorsque l'historique de ce paramètre démontrera qu'il n'est pas problématique.

1.4.3 Inspection générale des lieux

Le programme annuel d'inspection générale des lieux prévoit la vérification des éléments suivants :

- Stabilité des pentes de remblais, état des chemins d'accès et de service et des fossés de drainage ;
- État du recouvrement final imperméable incluant l'identification des tassements différentiels pouvant porter atteinte à l'intégrité de la géomembrane imperméable du recouvrement final (zones sans couvert végétal, trous, failles ou affaissement, végétaux pouvant porter atteinte à l'intégrité de la géomembrane imperméable, etc.) ;
- Présence de résurgences ou de toutes autres nuisances ;
- Intégrité des différents systèmes:
 - puits d'accès de nettoyage du système de collecte des eaux de lixiviation
 - système de traitement des eaux de lixiviation incluant les stations de pompage et bâtiment de service (mécanique, structure et électricité) ;
 - puits d'aspiration et mécanique des équipements ;
- Équipements de gestion du biogaz incluant le bâtiment abritant les soufflantes.

Les coûts annuels pour le programme d'inspection générale des lieux ont été établis sur la base de la main-d'œuvre ainsi que de la nature et fréquences des inspections requises. Il est estimé que l'équivalent de 6 h/sem, 50 semaines par année seraient requises pour la planification, la réalisation des inspections ainsi que la consignation des rapports. Une allocation annuelle de 15 000 \$ est anticipée pour la réalisation des inspections.

1.4.4 Traitement du lixiviat

Le débit de lixiviat sera beaucoup plus faible suite à la fermeture complète du LET et par conséquent, la charge organique imposée à la filière de traitement sera moindre. Dans ces conditions, il est jugé sécuritaire, pour la période postfermeture, de prévoir un coût annuel pour le traitement des eaux de lixiviation de l'ordre de 50% de celui anticipé pour la période d'exploitation, soit environ 62 250 \$. En effet, bien que le volume anticipé de lixiviat généré en période postfermeture serait de l'ordre de 20% de celui dirigé 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.

1.4.5 Traitement du biogaz

La production de biogaz atteindra son maximum au cours des cinq premières années suivant la fermeture complète du LET pour s'atténuer progressivement par la suite. Pour l'estimation des coûts postfermeture, il est considéré que l'opération et l'entretien du système de collecte et d'incinération du biogaz devront être prolongés sur une période de 30 ans à un coût annuel identique à celui pour la période d'exploitation, soit de 50 000 \$/an.

1.4.6 Entretien du LET

Les coûts d'entretien et de remplacement des équipements ont été définis à la section 1.2.6 précédente dans le cadre des coûts d'opération du LET. Pour la période postfermeture, il est anticipé, de façon conservatrice, que les coûts d'entretien et de remplacement des équipements seront relativement similaires à ceux pour la période d'exploitation, soit environ 66 000 \$ annuellement.

Cette hypothèse est conservatrice puisque la diminution de la production de lixiviat par le LET limitera le temps de fonctionnement des pompes. Dans le même sens, l'absence de circulation de camion sur le site diminuera considérablement les besoins en entretien. De plus, l'utilisation de certains équipements pourra alors être abandonnée, par exemple la balance et le système de détection des radiations.

1.4.7 Gestion du LET

Suite à la fermeture complète du LET, la gestion requise pour le site sera fortement réduite. Ainsi, une allocation annuelle de 50 000 \$ a été prévue pour la gestion postfermeture du LET. À ce montant, un budget supplémentaire de 10 000\$ doit être prévu pour les assurances. Un montant de 60 000 \$ est donc accordé pour ce poste.

1.4.8 Frais de gestion de la fiducie

Les frais de gestion de la fiducie pour des sites d'envergure similaire sont habituellement de l'ordre de 3000 \$ annuellement incluant les taxes. Ce montant a donc été attribué pour ce poste.

1.4.9 Synthèse des coûts en période postfermeture

Le tableau 8 présente les coûts annuels reliés aux différentes activités d'entretien et de suivi au cours de la période de postfermeture d'une durée de trente (30) ans auxquels une contingence de 10% a été attribuée conformément aux exigences du MENV.

Tableau 8 : Coûts annuels des activités d'entretien et de suivi postfermeture

Description	Coût annuel
➤ Programme de surveillance environnementale	25 000 \$
➤ Inspection générale des lieux	15 000 \$
➤ Traitement du lixiviat	66 250 \$
➤ Traitement du biogaz	50 000 \$
➤ Entretien et remplacement des ouvrages et équipements	66 000 \$
➤ Gestion du LET	60 000 \$
➤ Contingences (≈10%)	27 750 \$
➤ Taxes nettes (8,925%)	27 311 \$
Coût annuel global arrondi (\$ 2011)	333 320 \$

Les frais inhérents à ce programme doivent être accumulés durant les années d'opérations du lieu d'enfouissement. Dans le cas présent, il est anticipé que le site aura une durée de vie de 42,5 années. La RMR accumulera donc certaines sommes chaque année en fonction des activités de postfermeture.

1.4.10 Contribution annuelle au fonds de suivi postfermeture

Afin d'évaluer le coût unitaire à la tonne métrique de la contribution au fonds de suivi pour la période de postfermeture de l'ensemble du LET, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Coût annuel des activités en période postfermeture incluant les taxes nettes: 333 310 \$ en dollars 2011, soit 353 711 \$ en dollars 2014;
- Frais de gestion de la fiducie : 3 000 \$ incluant les taxes, soit 3 184 \$ en dollar 2014;
- Taux de rendement net des 35 premières années : 3,5%;
- Taux de rendement net des 7,5 dernières années d'exploitation et des trente années de période postfermeture : 3,0 %
- Taux d'inflation : 2,0%;
- Période d'exploitation : 42,5 années;
- Tonnage annuel de matières résiduelles : 50 000 t/an pour un volume par année approximatif de 58 824 m³ (50 000 t / 0,85 t/m³).

Montant accumulé dans le fond postfermeture de l'ensemble du LET lorsque ce dernier aura atteint sa capacité autorisée en 2056 est estimé à **21 641 079 \$**.

En considérant ces facteurs, on obtient un taux nominal de **4,82 \$** la tonne métrique (4,10 \$ le mètre cube) qui sera attribué au fonds de suivi pour effectuer les activités de fermeture et de postfermeture. Il est à noter que cette évaluation réalisée dans le cadre de l'étude d'avant projet devra être révisée une première fois dans le cadre de l'étude d'impact lorsque la conception du projet sera plus avancée et par la suite lors de la préparation de la demande de CA afin de tenir compte de coûts d'opération actualisés au moment du dépôt de ces demandes.

Tableau 9 : Évaluation du coût unitaire

PARAMÈTRES FINANCIERS	
Coût annuel gestion postfermeture (CGPF)	333 310 \$
Taux d'inflation	2,00%
Durée de vie résiduelle (an)	42,5
Taux rend.net (TRN)-exploit.	3,50%
TRN moins 0,5 %	3,00%
Taux d'impôt	
Contribution annuelle	240 968 \$
Contribution dernière année	120 484 \$
Capacité résiduelle	2 500 000
Activité annuelle (m ³)	58 824
Activité dernière année (m ³)	29 412
Contribution unitaire \$/M³	4,096431 \$

FICHER DE CAPITALISATION- PÉRIODE D'EXPLOITATION						
Année	PMT au fond	Intérêts	Fr.fiduciaires	Solde fin	Date	CGPF
1	240 968 \$	0 \$	3 184 \$	237 785 \$	2014	353 711 \$
2	240 968 \$	8 322 \$	3 247 \$	483 828 \$	2015	360 785 \$
3	240 968 \$	16 934 \$	3 312 \$	738 419 \$	2016	368 001 \$
4	240 968 \$	25 845 \$	3 378 \$	1 001 853 \$	2017	375 361 \$
5	240 968 \$	35 065 \$	3 446 \$	1 274 440 \$	2018	382 868 \$
6	240 968 \$	44 605 \$	3 515 \$	1 556 499 \$	2019	390 526 \$
7	240 968 \$	54 477 \$	3 585 \$	1 848 364 \$	2020	398 336 \$
8	240 968 \$	64 693 \$	3 657 \$	2 150 368 \$	2021	406 303 \$
9	240 968 \$	75 263 \$	3 730 \$	2 462 869 \$	2022	414 429 \$
10	240 968 \$	86 200 \$	3 805 \$	2 786 234 \$	2023	422 718 \$
11	240 968 \$	97 518 \$	3 881 \$	3 120 839 \$	2024	431 172 \$
12	240 968 \$	109 229 \$	3 958 \$	3 467 079 \$	2025	439 795 \$
13	240 968 \$	121 348 \$	4 038 \$	3 825 357 \$	2026	448 591 \$
14	240 968 \$	133 888 \$	4 118 \$	4 196 095 \$	2027	457 563 \$
15	240 968 \$	146 863 \$	4 201 \$	4 579 726 \$	2028	466 714 \$
16	240 968 \$	160 290 \$	4 285 \$	4 976 700 \$	2029	476 049 \$
17	240 968 \$	174 185 \$	4 370 \$	5 387 483 \$	2030	485 570 \$
18	240 968 \$	188 562 \$	4 458 \$	5 812 555 \$	2031	495 281 \$
19	240 968 \$	203 439 \$	4 547 \$	6 252 416 \$	2032	505 187 \$
20	240 968 \$	218 835 \$	4 638 \$	6 707 581 \$	2033	515 290 \$
21	240 968 \$	234 765 \$	4 731 \$	7 178 584 \$	2034	525 596 \$
22	240 968 \$	251 250 \$	4 825 \$	7 665 978 \$	2035	536 108 \$
23	240 968 \$	268 309 \$	4 922 \$	8 170 333 \$	2036	546 830 \$
24	240 968 \$	285 962 \$	5 020 \$	8 692 243 \$	2037	557 767 \$
25	240 968 \$	304 229 \$	5 121 \$	9 232 320 \$	2038	568 922 \$
26	240 968 \$	323 131 \$	5 223 \$	9 791 196 \$	2039	580 301 \$
27	240 968 \$	342 692 \$	5 328 \$	10 369 529 \$	2040	591 907 \$
28	240 968 \$	362 934 \$	5 434 \$	10 967 997 \$	2041	603 745 \$
29	240 968 \$	383 880 \$	5 543 \$	11 587 302 \$	2042	615 820 \$
30	240 968 \$	405 556 \$	5 654 \$	12 228 173 \$	2043	628 136 \$
31	240 968 \$	427 986 \$	5 767 \$	12 891 360 \$	2044	640 699 \$
32	240 968 \$	451 198 \$	5 882 \$	13 577 644 \$	2045	653 513 \$
33	240 968 \$	475 218 \$	6 000 \$	14 287 831 \$	2046	666 583 \$
34	240 968 \$	500 074 \$	6 120 \$	15 022 754 \$	2047	679 915 \$
35	240 968 \$	525 796 \$	6 242 \$	15 783 276 \$	2048	693 513 \$
36	240 968 \$	473 498 \$	6 367 \$	16 491 376 \$	2049	707 383 \$
37	240 968 \$	494 741 \$	6 494 \$	17 220 592 \$	2050	721 531 \$
38	240 968 \$	516 618 \$	6 624 \$	17 971 554 \$	2051	735 962 \$
39	240 968 \$	539 147 \$	6 757 \$	18 744 912 \$	2052	750 681 \$
40	240 968 \$	562 347 \$	6 892 \$	19 541 336 \$	2053	765 695 \$
41	240 968 \$	586 240 \$	7 030 \$	20 361 515 \$	2054	781 008 \$
42	240 968 \$	610 845 \$	7 170 \$	21 206 159 \$	2055	796 629 \$
42,5	120 484 \$	318 092 \$	3 657 \$	21 641 079 \$	2056	804 555 \$

Tableau 9 suite : Évaluation du coût unitaire

FICHER DE DÉCAISSEMENT- PÉRIODE POSTFERMETURE							
Année	Solde début	Intérêts	CGPF-index	Fr.fiduciaires	Retraits totaux	Solde fin	Date
43,5	21 641 079 \$	0 \$	820 647	7 386 \$	828 033	20 813 046 \$	2057
44,5	20 813 046 \$	624 391 \$	837 059	7 534 \$	844 594	20 592 844 \$	2058
45,5	20 592 844 \$	617 785 \$	853 801	7 685 \$	861 485	20 349 144 \$	2059
46,5	20 349 144 \$	610 474 \$	870 877	7 838 \$	878 715	20 080 903 \$	2060
47,5	20 080 903 \$	602 427 \$	888 294	7 995 \$	896 289	19 787 040 \$	2061
48,5	19 787 040 \$	593 611 \$	906 060	8 155 \$	914 215	19 466 436 \$	2062
49,5	19 466 436 \$	583 993 \$	924 181	8 318 \$	932 500	19 117 930 \$	2063
50,5	19 117 930 \$	573 538 \$	942 665	8 485 \$	951 150	18 740 318 \$	2064
51,5	18 740 318 \$	562 210 \$	961 518	8 654 \$	970 173	18 332 355 \$	2065
52,5	18 332 355 \$	549 971 \$	980 749	8 827 \$	989 576	17 892 750 \$	2066
53,5	17 892 750 \$	536 783 \$	1 000 364	9 004 \$	1 009 367	17 420 165 \$	2067
54,5	17 420 165 \$	522 605 \$	1 020 371	9 184 \$	1 029 555	16 913 215 \$	2068
55,5	16 913 215 \$	507 396 \$	1 040 778	9 368 \$	1 050 146	16 370 466 \$	2069
56,5	16 370 466 \$	491 114 \$	1 061 594	9 555 \$	1 071 149	15 790 431 \$	2070
57,5	15 790 431 \$	473 713 \$	1 082 826	9 746 \$	1 092 572	15 171 572 \$	2071
58,5	15 171 572 \$	455 147 \$	1 104 482	9 941 \$	1 114 423	14 512 296 \$	2072
59,5	14 512 296 \$	435 369 \$	1 126 572	10 140 \$	1 136 712	13 810 953 \$	2073
60,5	13 810 953 \$	414 329 \$	1 149 103	10 343 \$	1 159 446	13 065 836 \$	2074
61,5	13 065 836 \$	391 975 \$	1 172 085	10 550 \$	1 182 635	12 275 176 \$	2075
62,5	12 275 176 \$	368 255 \$	1 195 527	10 760 \$	1 206 288	11 437 143 \$	2076
63,5	11 437 143 \$	343 114 \$	1 219 438	10 976 \$	1 230 413	10 549 844 \$	2077
64,5	10 549 844 \$	316 495 \$	1 243 826	11 195 \$	1 255 022	9 611 318 \$	2078
65,5	9 611 318 \$	288 340 \$	1 268 703	11 419 \$	1 280 122	8 619 536 \$	2079
66,5	8 619 536 \$	258 586 \$	1 294 077	11 648 \$	1 305 724	7 572 397 \$	2080
67,5	7 572 397 \$	227 172 \$	1 319 959	11 880 \$	1 331 839	6 467 730 \$	2081
68,5	6 467 730 \$	194 032 \$	1 346 358	12 118 \$	1 358 476	5 303 286 \$	2082
69,5	5 303 286 \$	159 099 \$	1 373 285	12 360 \$	1 385 645	4 076 740 \$	2083
70,5	4 076 740 \$	122 302 \$	1 400 751	12 608 \$	1 413 358	2 785 684 \$	2084
71,5	2 785 684 \$	83 571 \$	1 428 766	12 860 \$	1 441 625	1 427 629 \$	2085
72,5	1 427 629 \$	42 829 \$	1 457 341	13 117 \$	1 470 458	0 \$	2086

1.5 Synthèse des coûts unitaires

Description	Coût annuel
➤ Coûts d'aménagement du LET	48,03 \$/T
➤ Coûts d'opération	20,50 \$/T
➤ Contribution au fonds de suivi postfermeture	4,82 \$/T
Coût unitaire global à la tonne (\$ 2011)	73,35 \$/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. Il est à noter que ces coûts excluent les redevances sur les matières résiduelles destinées à l'enfouissement ainsi que les royautés à la municipalité hôte s'il y a lieu.

ANNEXE I
PLANS RÉDUITS