

ANNEXE A

ANALYSE DES COMPOSANTES GÉOSYNTHÉTIQUES

ANNEXE A – ANALYSE DES COMPOSANTES GÉOSYNTHÉTIQUES

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 (ø 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)

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

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

2. Déterminer la pression sur la géomembrane

- Poids unitaire total ou $P_{\text{réel}}$ appliqué sur le géotextile de protection =
(γ déchets x h déchets) + (γ couche drainante x h couche drainante) +
(γ recouvrement x h recouvrement)

γ déchets	= 1000 kg/m ³
h déchets	= 43 m
γ couche drainante	= 2000 kg/m ³
h couche drainante	= 0,5 m
γ recouvrement final	= 2000 kg/m ³
h recouvrement final	= 0,9 m

$$= (1000 \times 43) + (2000 \times 0,5) + (2000 \times 0,9) = 45\,800 \text{ kg/m}^2$$
$$= 449 \text{ kPa}$$

3. Calculer la masse requise du géotextile de protection

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

Où :

$$P'_{\text{permis}} = \text{pression admissible sur géomembrane exprimée en } M_a$$
$$\text{FS}_{\text{g min}} = \text{facteur de sécurité global} = 3,0$$

$$P'_{\text{permis}} = 102,56 + 4,71M_a = 1\,348 \text{ kPa}$$

$$M_a = 264 \text{ g/m}^2$$

Géotextile retenu : Texel 918

Masse = 450 g/m² > 264 g/m² requis.

4.0 Analyse du géotextile de protection

4.1 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 :

$$\begin{aligned} a &= (W_a - N_a \cos\beta - T \sin\beta) \cos\beta \\ b &= -[(W_a - N_a \cos\beta - T \sin\beta) \sin\beta \tan\phi + (N_a \tan\delta + C_a) \sin\beta \cos\beta + \sin\beta (C + W_p \tan\phi)] \\ c &= (N_a \tan\delta + C_a) \sin^2\beta \tan\phi \end{aligned}$$

Où :

$$W_a = \text{poids du polygone actif}$$

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

$$\begin{aligned} \gamma &= \text{poids unitaire du sol de recouvrement} \\ &= 20 \text{ kN/m}^3 \\ h &= \text{épaisseur du sol de recouvrement} \\ &= 0,5 \text{ m} \\ \beta &= \text{angle de la pente} \\ &= 16,7^\circ \\ L &= \text{longueur totale de la pente} \\ \text{donc} &= 56 \text{ m (pire cas)} \end{aligned}$$

$$W_a = 20(0,5)^2 \left[\frac{56}{0,5} - \frac{1}{\sin 16,7^\circ} - \frac{\tan 16,7^\circ}{2} \right]$$

$$= 541,9 \text{ kN/m}$$

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

$$= W_a \cos \beta$$

$$= 541,9 \cos 16,7^\circ = 519 \text{ kN/m}$$

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

$$= 0$$

$$W_p = \frac{\gamma h^2}{\sin 2\beta} = \frac{20 (0,5)^2}{\sin (2 \times 16,7^\circ)} = 9,08 \text{ kN/m}$$

Donc,

$$a = \frac{[(541,9 - 519 \cos (16,7^\circ) - 21,2 \sin (16,7^\circ))] \cos (16,7^\circ)}{37,1}$$

$$b = \frac{-[(541,9 - 519 \cos (16,7^\circ) - 21,2 \sin (16,7^\circ)) \sin (16,7^\circ) \tan (35^\circ)] + [(519 \tan (10^\circ) + 0) \sin (16,7^\circ) \cos (16,7^\circ)] + \sin (16,7^\circ) (0 + 9,08 \tan (35^\circ))}{-34,8}$$

$$c = \frac{(519 \tan (10^\circ) + 0) \sin^2 (16,7^\circ) \tan (35^\circ)}{5,29}$$

$$FS_{global} = \frac{-(-34,8) + \sqrt{(-34,8)^2 - 4(37,1)(5,29)}}{2(37,1)} = \mathbf{0,74}$$

Donc, le géotextile proposé (TEXEL 918) n'a pas la capacité requise pour soutenir le poids de la pierre nette sur la pente de 56 mètres de longueur. Il est proposé tout de même d'utiliser ce géotextile, en prévoyant aménager la couche drainante par étage, au fur et à mesure du remplissage des déchets.

Deux (2) facteurs sont à considérer, soit :

- ↪ la force résultante de la couche de déchets vers le bas
- ↪ la force générée par la couche partielle de pierre nette, en montant la couche drainante par pallier

4.2 Tension créée par les déchets

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

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

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

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

$$\begin{aligned}W \cos\beta &= \text{composante normale à la pente} \\ &= 5,84 \text{ t/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_1 &= \text{force à la surface entre la pierre nette et le géotextile créée par les} \\ &\quad \text{déchets} \\ &= (W \cos\beta) \tan\delta \\ &= (5,84) \tan 25^\circ \\ &= 2,72 \text{ t/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_2 &= \text{force résistante à la surface entre le géotextile et la géomembrane} \\ &= (W \cos\beta) \tan\delta_2 \\ &= (5,84) \times \tan 10^\circ \\ &= 1,03 \text{ t/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_1 &> F_2, \text{ donc géotextile sera en tension} \\
 F_1 - F_2 &= \text{force qui doit être prise par le géotextile} \\
 &= 2,72 - 1,03 \\
 &= 1,7 \text{ t/m} \\
 &= 16,6 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

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

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

4.3 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

$$\alpha = \frac{\gamma_c T_c^2}{\sin 2\beta} \left[\left(\frac{2H \cos \beta}{T_c} - 1 \right) \frac{\sin(\phi_1)}{\cos \psi_1} - \frac{\sin \phi_c}{\cos(\beta + \phi_c)} \right]$$

Où :

$$\begin{aligned}
 \gamma_c &= \text{poids unitaire du sol de recouvrement} \\
 &= 20 \text{ kN/m}^3 \\
 T_c &= \text{épaisseur du sol de recouvrement} \\
 &= 0,5 \text{ m} \\
 H &= \text{hauteur de la pente permise (inconnue)} \\
 \beta &= \text{pente} = 16,7^\circ \\
 \phi_1 &= \text{angle de frottement entre le géotextile de renforcement et la} \\
 &\quad \text{géomembrane} \\
 &= 10^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_c &= \text{angle de frottement du sol de recouvrement} \\ &= 35^\circ\end{aligned}$$

Dans ce cas,

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

Donc,

$$4,6 = \frac{20(0,5)^2}{\sin(2 \times 16,7^\circ)} \left[\left(\frac{2H \cos 16,7^\circ}{0,5} - 1 \right) \frac{\sin(16,7^\circ - 10^\circ)}{\cos 10^\circ} - \frac{\sin 35^\circ}{\cos(16,7^\circ + 35^\circ)} \right]$$

$$4,6 = 9,08[(3,83H - 1)0,1185 - 0,93]$$

$$H = 3,42 \text{ m}$$

Donc, il est proposé d'installer la couche de pierre en pallier de 3,3 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.

5.0 Évaluation de la tension entre les couches de la barrière imperméable

Tableau 5.1 : 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	1. 0,5 m pierre nette (ø 5-14 mm)	25°
	2. géotextile non tissé	10°
	3. géomembrane PEHD	8°
	4. géofilet	8°
	5. géomembrane PEHD	8°
	6. natte bentonitique	22°
	7. sol d'infrastructure	

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

5.1 COUCHE 3

$$\begin{aligned}
 F_{2-3} &= \text{force à l'interface 2-3} \\
 &= (\text{force normale à l'interface}) (\tan \delta_{2-3}) \\
 &= ([\text{poids des déchets}] + [\text{poids de la couche de protection}]) (\tan \delta_{2-3}) \\
 &= [(1/2 \times 6,7\text{m} \times 2\text{m} \times 10 \text{ kN/m}^3 + 0,5\text{m} \times 11\text{m} \times 20 \text{ kN/m}^3) \cos 16,7^\circ] \tan (10^\circ) \\
 &= 169,5 \times \tan (10^\circ) \\
 &= 29,9 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{3-4} &= \text{force résistante à l'interface 3-4} \\
 &= \text{force normale} (\tan \delta_{3-4}) \\
 &= 169,5 (\tan 8^\circ) \\
 &= 23,8 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Tension dans la couche 3

$$\begin{aligned}
 &= F_{2-3} - F_{3-4} \\
 &= 29,9 - 23,8 \\
 &= 6,1 \text{ kN/m} < \text{limite élastique géomembrane PeHD 1,5 mm (= 22 kN/m),} \\
 &\quad \text{devis technique}
 \end{aligned}$$

5.2 COUCHE 4

$$\begin{aligned} F_{3-4} &= \text{force résistante à l'interface 3-4} \\ &= \text{force normale } (\tan \delta_{3-4}) \\ &= 169,5 (\tan 8^\circ) \\ &= 23,8 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{4-5} &= \text{force à l'interface 4-5} \\ &= \text{force normale } (\tan \delta_{4-5}) \\ &= 23,8 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Tension dans la couche 4} \\ &= F_{3-4} - F_{4-5} \\ &= 0,0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

5.3 COUCHE 5

$$\begin{aligned} F_{4-5} &= \text{force à l'interface 4-5} \\ &= 23,8 \text{ kN/m} \\ F_{5-6} &= \text{force à l'interface 5-6} \\ &= \text{force normale } (\tan \delta_{5-6}) \\ &= 169,5 (\tan 8^\circ) \\ &= 23,8 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Tension dans la couche 5} \\ &= F_{4-5} - F_{5-6} \\ &= 0,0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

5.4 COUCHE 6

$$\begin{aligned} F_{5-6} &= \text{force à l'interface 5-6} \\ &= 23,8 \text{ kN/m} \\ F_{6-7} &= \text{force à l'interface 6-7} \\ &= \text{force normale } (\tan \delta_{5-6}) \\ &= 169,5 (\tan 22^\circ) \\ &= 68,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Tension dans la couche 6} \\ &F_{5-6} < F_{6-7} \quad \text{donc aucune tension} \end{aligned}$$

6.0 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.

6.1 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

L_2 = Longueur horizontale à l'intérieur de la tranchée

$F_{u\sigma_1}$ = 0 (néglige la force au dessus de la membrane)

$$\begin{aligned} F_{L\sigma_1} &= \sigma_n \tan \delta_L (L_1) \\ &= (0,5 \times 18) \tan (10^\circ) (1,5) \\ &= 2,4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{LT1} &= T_{\text{calc}} \sin\beta \tan \delta_L \\ &= 6,1 \times \sin(16,7^\circ) \times \tan(10^\circ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{calc}} &: \text{(voir la tension créée par le couvert de pierre de la couche 3)} \\ &= 0,31 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{u\sigma_2} &= \sigma_{n2} \tan \delta_u (L_2) \\ &= [(0,5 \times 18) + (0,6 \times 18)] \tan (15^\circ) 0,8 \quad \delta_{\text{PeHD-sol}} = 15^\circ \\ &= 4,24 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{L\sigma_2} &= \sigma_{n2} \tan \delta_L (L_2) \\ &= [(0,5 \times 18) + (0,6 \times 18)] \tan (10^\circ) 0,8 \\ &= 2,79 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_A &= (0,5 \gamma L_2 + \sigma_n) K_A d \\
 &= [(0,5 \times 18 \times 0,6) + (0,5 \times 18)] \tan^2 (45-35^\circ/2) \times 0,6 \\
 &= 2,34 \text{ kN/m} \\
 \\
 P_p &= (0,5 \gamma d + \sigma_n) K_p d \\
 &= [(0,5 \times 18 \times 0,6) + (0,5 \times 18)] \tan^2 (45 + 35/2) \times 0,6 \\
 &= 31,88 \text{ kN/m} \\
 \\
 \Sigma &= F_{u\sigma_1} + F_{L\sigma_1} + F_{LT1} + F_{u\sigma_2} + F_{L\sigma_2} + P_p - P_A \\
 \Sigma &= 0 + 2,4 + 0,31 + 4,24 + 2,79 + 31,88 - 2,34 \\
 \Sigma &= 39,3 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Force d'ancrage = 39,3 kN/m

Facteur de sécurité de l'ancrage

$$\begin{aligned}
 FS &= \text{Force ancrage} / T_{ult} \cos \beta \quad T_{ult} \text{ géomembrane} = 22 \text{ kN/m} \\
 FS &= 39,3 / 22 \cos (16,7^\circ) \\
 FS &= 1,9
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 FS &= \text{Force ancrage} / T_{générée} \cos \beta \quad T_{générée} \text{ géomembrane} = 6,1 \text{ kN/m} \\
 FS &= 39,3 / 6,1 \cos (16,7^\circ) \\
 FS &= 6,7
 \end{aligned}$$

6.2 Ancrage du géotextile de protection

$$\begin{aligned}
 T &= F_{u\sigma_1} + F_{L\sigma_1} + F_{LT1} + P_{PH} - P_{AH} + F_{u\sigma_2} + F_{L\sigma_2} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{L\sigma_1} &= (0,5 \times 18) \tan (10^\circ) 1,5 \\
 &= 2,4 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{LT1} &= 21,2 \times \sin(16,7) \times \tan(10^\circ) \\
 T_{calc} &: (\text{voir la tension max admissible sur le géotextile}) \\
 &= 1,07 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Calcul du frottement sur le géotextile dans la portion inclinée

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

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

Calcul du frottement à la base de la tranchée

$$\begin{aligned} F_{L\sigma_2} &= (0,5 \times 18 + 0,6 \times 18) \tan(25^\circ) 0,5 \\ &= 4,61 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$F_{u\sigma_2} = F_{L\sigma_2} = 4,61 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \Sigma &= F_{u\sigma_1} + F_{L\sigma_1} + F_{LT1} + P_{PH} - P_{AH} + F_{L\sigma_2} + F_{u\sigma_2} \\ \Sigma &= 0 + 2,4 + 1,07 + 13,5 - 0,99 + 4,61 + 4,61 \\ \Sigma &= 25,2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Force d'ancrage = 25,2 kN/m

Facteur de sécurité de l'ancrage

$$\begin{aligned} FS &= \text{Force ancrage} / T_{acc} & T_{acc} \text{ géotextile} &= 21,2 \text{ kN/m} \\ FS &= 25,2 / 21,2 \\ FS &= 1,19 \end{aligned}$$

7.0 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.

7.1 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 : 408 153 m² (phases 3A et 3B)

7.2 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

7.3 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.

7.4 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 de Saint-Nicéphore,

A	=	408 153 m ²
n	=	102 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	=	1,3 X 10 ⁻⁵ 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 vérifiable 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 de Saint-Nicéphore est de 28 m, le facteur d'équivalence requis est de 1,83.

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 x 10⁻⁵ m²/s. Le géofilet doit donc posséder une transmissivité hydraulique minimale θ_{NET} de 5,49 x 10⁻⁵ m²/s. Le géofilet de drainage spécifié au devis possède une transmissivité minimale de 2,00 x 10⁻³ m²/s (gradient de 0,25 à 479 kPa) ce qui est supérieur au minimum requis par le facteur d'équivalence.

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.

ANNEXE C

ANALYSE STRUCTURALE DES CONDUITES

ANNEXE C – ANALYSE STRUCTURALE DES CONDUITES

1. Hypothèses

➤ 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 : 43 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 m.

➤ Poids unitaire du sol au-dessus de la conduite :

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

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{couche drainante + pierre nette}} &= 2\,000 \text{ kg/m}^3 \\ h_{\text{couche drainante + pierre nette}} &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{déchet + recouvrement journalier}} &= 1\,000 \text{ kg/m}^3 \\ h_{\text{déchet + recouvrement journalier}} &= 43 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{recouvrement final}} &= 2\,000 \text{ kg/m}^3 \\ h_{\text{recouvrement final}} &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ 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 accompagnants le volet technique de l'étude d'impact,

L	=	1000 mm
e _p	=	75 mm
d _p	=	10 mm
L _p	=	133,3 mm

2. Fléchissement

Formule d'Iowa modifiée

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

où

Y	=	Déflexion verticale (po)
D ₁	=	Facteur de compensation pour l'accroissement du fléchissement
W _c	=	Charge unitaire supportée (lb/po)
r	=	rayon moyen de la conduite
E	=	module d'élasticité de la conduite (lb/po ²)
I	=	moment d'inertie de la conduite par unité de longueur (po ³)
E'	=	module de réaction du sol

Pour le LET de Saint-Nicéphore,

$$D_1 = 1,0$$

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 (po ⁴ /po)	pour PeHD 150 DR 11
	=	0,0402 (po ⁴ /po)	pour PeHD 200 DR 11
E'	=	3000 psi	

3. Résistance en compression

Formule de compression annulaire :

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

où

σ_c	=	amplitude 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

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

où

P_{cr}	=	charge critique pour conduite enterrée
E	=	module d'élasticité
I	=	moment d'inertie de la conduite par unité de longueur (po ³)
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)		GENIVAR	
Description du projet			
Client : WM Québec - LET de Saint-Nicéphore		N° projet : Q120398	
Titre du projet : Étude d'impact sur l'environnement		Date : 28-avr-10	
Ingénieur de projet : Mélanie Plourde, ing. jr			
Localisation de la conduite			
Agrandissement du LET de Saint-Nicéphore		Diamètre nominal : PEHD 200 DR11	
Type de conduite : conduites principales de collecte de lixiviat - 1er niveau		Chainage aval : s/o	
#REF!		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	32000
Couche 3 : Couche de protection au fond des cellules		0,5	1000
Couche 4 :			0
Couche 5 :			0
Charge verticale totale des sols		33,4	34800
Charge verticale totale des sols		V_c	Kpa
			341
Ajustement pour conduite perforée		Symbole	Valeur
Diamètre des perforations par unité de longueur		d _p	10,0
Espacement des perforations c/c		e _p	75,0
Longueur cumulative des perforations par longueur unitaire des conduites		L _p	0,133
Charge verticale totale des sols sur conduite perforée		V_c	Kpa
			393,7
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	49
Charge verticale totale des sols sur la conduite perforée		V _c	57
Charge verticale des sols sur la conduite par unité de longueur		W _{cp}	427
Charge verticale des sols sur la conduite perforée par unité de longueur		W _{cp}	493
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	49
Charge totale sur la conduite perforée		V _T	57
Charge totale par unité de longueur		W _T	427
Charge totale par unité de longueur équivalente		W _T	493
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	272
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite perforée		σ _c	314
Déflexion verticale maximale (Formule d'Iowa modifiée)		Symbole	Valeur
Déflexion verticale calculée pour la conduite (Formule d'Iowa modifié)		Y	0,175
Déflexion verticale calculée pour la conduite perforée (Formule d'Iowa modifié)		Y	0,202
Déflexion verticale admissible retenue (Voir tableau 1 et référence)		Y/OD _{ADM}	3,3%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite		Y/OD	2,0%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite perforée		Y/OD	2,3%
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	1214
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
			54
Charge de flambage appliquée conduite perforée		σ_a	psi
			63

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)		GENIVAR		
Description du projet				
Client : WM Québec - LET de Saint-Nicéphore		N° projet : Q120398		
Titre du projet : Étude d'impact sur l'environnement		Date : 09-oct-09		
Ingénieur de projet : Mélanie Plourde, ing. jr				
Localisation de la conduite				
Agrandissement du LET de Saint-Nicéphore		Diamètre nominal : PEHD 150 DR11		
Type de conduite : Conduites secondaires de collecte de lixiviat - 1er niveau		Chainage aval : s/o		
#REF!		Chainage amont : s/o		
Paramètres de calcul - Conduite		Symbole	Unité	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	Masse volumique	Charge totale
		(m)	(kg/m ³)	kg/m ²
Couche 1 : Recouvrement final		0,9	2000	1800
Couche 2 : matières résiduelles (pire cas)		43	1000	43000
Couche 3 : Couche de protection au fond des cellules		0,5	2000	1000
Couche 4 :				0
Couche 5 :				0
Charge verticale totale des sols		44,4	1032	45800
Charge verticale totale des sols		V_c	Kpa	449
Ajustement pour conduite perforée		Symbole	Unité	PEHD 150 DR11
Diamètre des perforations par unité de longueur		d _p	mm	10,0
Espacement des perforations c/c		e _p	mm	75,0
Longueur cumulative des perforations par longueur unitaire des conduites		L _p	m	0,133
Charge verticale totale des sols sur conduite perforée		V_c	Kpa	518,2
Paramètres de calcul (Formule d'Iowa modifié)		Symbole	Unité	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	65
Charge verticale totale des sols sur la conduite perforée		V _c	psi	75
Charge verticale des sols sur la conduite par unité de longueur		W _{cp}	lbs/inch	432
Charge verticale des sols sur la conduite perforée par unité de longueur		W _{cp}	lbs/inch	498
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	65
Charge totale sur la conduite perforée		V _T	psi	75
Charge totale par unité de longueur		W _T	lbs/inch	432
Charge totale par unité de longueur équivalente		W _T	lbs/inch	498
Résistance en compression (Ring compression formula)		Symbole	Unité	Valeur
Charge compressive maximale admissible (psi)		σ _c	psi	800
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite		σ _c	psi	359
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite perforée		σ _c	psi	414
Déflexion verticale maximale (Formule d'Iowa modifiée)		Symbole	Unité	Valeur
Déflexion verticale calculée pour la conduite (Formule d'Iowa modifié)		Y	inches	0,177
Déflexion verticale calculée pour la conduite perforée (Formule d'Iowa modifié)		Y	inches	0,204
Déflexion verticale admissible retenue (Voir tableau 1 et référence)		Y/OD _{ADM}	%	3,3%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite		Y/OD	%	2,7%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite perforée		Y/OD	%	3,1%
Flambage de la paroi σ _a < q _a		Symbole	Unité	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	1613
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	196
Charge de flambage appliquée		σ_a	psi	72
Charge de flambage appliquée conduite perforée		σ_a	psi	83

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 : WM Québec - LET de Saint-Nicéphore		N° projet : Q120398		
Titre du projet : Étude d'impact sur l'environnement		Date : 28-avr-10		
Ingénieur de projet : Mélanie Plourde, ing. jr				
Localisation de la conduite				
Agrandissement du LET de Saint-Nicéphore		Diamètre nominal : PEHD 200 DR11		
Type de conduite : conduites principales de collecte de lixiviat - 1er niveau		Chainage aval : s/o		
#REF!		Chainage amont : s/o		
Paramètres de calcul - Conduite		Symbole	Unité	Valeur
Diamètre extérieur de la conduite		OD	mm	219,20
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite		t _{min}	mm	19,91
Rayon moyen de la conduite		r	mm	99,64
Paramètres de calcul - Charge Verticale du sol (Prism load method)		Épaisseur	Masse volumique	Charge totale
		(m)	(kg/m ³)	kg/m ²
Couche 1 : Recouvrement final		0,9	2000	1800
Couche 2 : matières résiduelles (pire cas)		32	1000	32000
Couche 3 : Couche de protection au fond des cellules		0,5	2000	1000
Couche 4 :				0
Couche 5 :				0
Charge verticale totale des sols		33,4	1042	34800
Charge verticale totale des sols		V_c	Kpa	341
Ajustement pour conduite perforée		Symbole	Unité	PEHD 200 DR11
Diamètre des perforations par unité de longueur		d _p	mm	10,0
Espacement des perforations c/c		e _p	mm	75,0
Longueur cumulative des perforations par longueur unitaire des conduites		L _p	m	0,133
Charge verticale totale des sols sur conduite perforée		V_c	Kpa	393,7
Paramètres de calcul (Formule d'Iowa modifié)		Symbole	Unité	Valeur
Diamètre extérieur de la conduite		OD	inches	8,630
Diamètre intérieur de la conduite		ID	inches	7,062
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite		t _{min}	inches	0,784
Rayon moyen de la conduite		r	inches	3,923
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	0,0402
Facteur de compensation pour l'accroissement du fléchissement dans le temps		D _t	--	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	49
Charge verticale totale des sols sur la conduite perforée		V _c	psi	57
Charge verticale des sols sur la conduite par unité de longueur		W _{cp}	lbs/inch	427
Charge verticale des sols sur la conduite perforée par unité de longueur		W _{cp}	lbs/inch	493
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	49
Charge totale sur la conduite perforée		V _T	psi	57
Charge totale par unité de longueur		W _T	lbs/inch	427
Charge totale par unité de longueur équivalente		W _T	lbs/inch	493
Résistance en compression (Ring compression formula)		Symbole	Unité	Valeur
Charge compressive maximale admissible (psi)		σ _c	psi	800
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite		σ _c	psi	272
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite perforée		σ _c	psi	314
Déflexion verticale maximale (Formule d'Iowa modifiée)		Symbole	Unité	Valeur
Déflexion verticale calculée pour la conduite (Formule d'Iowa modifié)		Y	inches	0,175
Déflexion verticale calculée pour la conduite perforée (Formule d'Iowa modifié)		Y	inches	0,202
Déflexion verticale admissible retenue (Voir tableau 1 et référence)		Y/OD _{ADM}	%	3,3%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite		Y/OD	%	2,0%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite perforée		Y/OD	%	2,3%
Flambage de la paroi σ _a < q _a		Symbole	Unité	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	1214
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	54
Charge de flambage appliquée conduite perforée		σ_a	psi	63

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)		GENIVAR	
Description du projet			
Client : WM Québec - LET de Saint-Nicéphore		N° projet : Q120398	
Titre du projet : Étude d'impact sur l'environnement		Date : 09-oct-09	
Ingénieur de projet : Mélanie Plourde, ing. jr			
Localisation de la conduite			
Agrandissement du LET de Saint-Nicéphore		Diamètre nominal : PEHD 150 DR11	
Type de conduite : Conduites secondaires de collecte de lixiviat - 1er niveau		Chainage aval : s/o	
#REF!		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)	43	1000	43000
Couche 3 : Couche de protection au fond des cellules	0,5	2000	1000
Couche 4 :			0
Couche 5 :			0
Charge verticale totale des sols	44,4	1032	45800
Charge verticale totale des sols	V_c	Kpa	449
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	75,0
Longueur cumulative des perforations par longueur unitaire des conduites	L _p	m	0,133
Charge verticale totale des sols sur conduite perforée	V_c	Kpa	518,2
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 _t	--	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	65
Charge verticale totale des sols sur la conduite perforée	V _c	psi	75
Charge verticale des sols sur la conduite par unité de longueur	W _{cp}	lbs/inch	432
Charge verticale des sols sur la conduite perforée par unité de longueur	W _{cp}	lbs/inch	498
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	65
Charge totale sur la conduite perforée	V _T	psi	75
Charge totale par unité de longueur	W _T	lbs/inch	432
Charge totale par unité de longueur équivalente	W _T	lbs/inch	498
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	359
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite perforée	σ _c	psi	414
Déflexion verticale maximale (Formule d'Iowa modifiée)		Symbole	Valeur
Déflexion verticale calculée pour la conduite (Formule d'Iowa modifié)	Y	inches	0,177
Déflexion verticale calculée pour la conduite perforée (Formule d'Iowa modifié)	Y	inches	0,204
Déflexion verticale admissible retenue (Voir tableau 1 et référence)	Y/OD _{ADM}	%	3,3%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite	Y/OD	%	2,7%
Déflexion sur le diamètre moyen de la conduite perforée	Y/OD	%	3,1%
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	1613
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	196
Charge de flambage appliquée	σ_a	psi	72
Charge de flambage appliquée conduite perforée	σ_a	psi	83

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

ANNEXE D

ANALYSE DE LA COUCHE DRAINANTE

ANNEXE D – ANALYSE DE LA COUCHE DRAINANTE

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 de 0,3 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.

2. Méthodologie

L'analyse consiste à calculer le facteur de sécurité. La formule utilisée se résume comme suit : (Giroud, Zornerg, 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	=	penne de la couche drainante
t_{permis}	=	hauteur de liquide permise (m)
L	=	longueur de drainage (m)

3. Valeurs des paramètres

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

$k = 1 \times 10^{-2}$ m/s perméabilité minimale du REIMR. La perméabilité réelle sera plus élevée puisque de la pierre nette est utilisée (perméabilité initiale de l'ordre de 10 cm/s^1)

$q_h = 2,8 \times 10^{-7}$ m/s (voir la section 4 ci-après)

$\beta = \tan^{-1}(0,02) = 1,1458^\circ$

$t_{\text{permis}} = 0,3$ m

$L = 50$ m

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 d'un hectare et une hauteur de 3 m de matières résiduelles saturées. Ce débit a été estimé à 24,3 mm/j.

5. Résultats

$$FS_h = k \left[\frac{\frac{t_{\text{permis}} \cdot \sin \beta}{L} + \left(\frac{t_{\text{permis}} \cdot \cos \beta}{L} \right)^2}{q_h} \right]$$
$$FS_h = 1 \cdot 10^{-2} \left[\frac{\frac{0,3 \cdot \sin 1,1458}{50} + \left(\frac{0,3 \cdot \cos 1,1458}{50} \right)^2}{2,8 \cdot 10^{-7}} \right]$$
$$FS_h = 1 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1,2 \cdot 10^{-4} + 3,6 \cdot 10^{-5}}{2,8 \cdot 10^{-7}} \right] = 5,6$$

Un facteur de sécurité de l'ordre de 5,6 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

NICE_OD.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	=	0.1325	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	

NICE_OD.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	=	5.701	CM
UPPER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE	=	7.946	CM
LOWER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE	=	0.265	CM
INITIAL SNOW WATER	=	0.000	CM
INITIAL WATER IN LAYER MATERIALS	=	7.120	CM
TOTAL INITIAL WATER	=	7.120	CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW	=	0.00	MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM BURLINGTON VERMONT

STATION LATITUDE	=	45.85	DEGREES
MAXIMUM LEAF AREA INDEX	=	0.00	
START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE)	=	140	
END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE)	=	270	
EVAPORATIVE ZONE DEPTH	=	20.0	CM
AVERAGE ANNUAL WIND SPEED	=	14.00	KPH
AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	67.00	%
AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	67.00	%
AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	73.00	%
AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	73.00	%

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

NICE_OD.OUT

NORMAL MEAN MONTHLY PRECIPITATION (MM)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
89.6	68.0	77.7	79.1	87.4	101.8
107.8	112.2	102.7	92.6	103.6	92.2

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR BURLINGTON VERMONT

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
-6.0	-4.1	1.9	10.4	18.8	23.6
26.0	24.4	19.0	12.3	4.6	-2.7

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR BURLINGTON VERMONT
AND STATION LATITUDE = 45.88 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 20

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	101.12 112.88	86.49 100.66	71.57 106.61	53.48 89.86	77.61 102.67	97.30 94.25
STD. DEVIATIONS	27.07 34.05	30.42 39.18	42.07 45.25	20.47 31.91	30.54 33.77	33.48 32.85
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	14.149 60.973	12.017 54.001	10.011 47.279	28.043 37.008	45.228 26.880	53.399 15.277
STD. DEVIATIONS	2.362 13.029	1.543 18.937	3.379 16.467	9.286 9.848	15.972 6.898	19.961 3.191

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 2

NICE_OD.OUT

 TOTALS 6.3159 27.4174 194.8885 83.3283 30.9371 43.6965
 47.7245 48.7590 60.3714 49.9115 68.4115 30.7676

STD. DEVIATIONS 13.5095 33.1356 80.4285 58.0878 18.1853 24.1536
 26.2150 24.7840 34.7702 24.2213 29.0251 28.7252

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3

 TOTALS 0.0000 0.0000 0.0001 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 4

 TOTALS 0.0000 0.0000 0.0001 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 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 0.0491 0.2339 1.5061 0.6578 0.2407 0.3514
 0.3714 0.3794 0.4854 0.3884 0.5501 0.2394

STD. DEVIATIONS 0.1051 0.2811 0.6223 0.4606 0.1415 0.1942
 0.2040 0.1929 0.2795 0.1885 0.2334 0.2235

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 20

 MM CU. METERS PERCENT

	NICE_OD.OUT			
PRECIPITATION	1094.51	(115.344)	10945.1	100.00
RUNOFF	0.000	(0.0000)	0.00	0.000
EVAPOTRANSPIRATION	404.263	(45.9250)	4042.63	36.936
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 2	692.52911	(109.66843)	6925.291	63.27299
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3	0.00022	(0.00003)	0.002	0.00002
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 3	4.544	(0.715)		
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 4	0.00022	(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	-2.282	(2.3310)	-22.82	-0.209

□

	PEAK DAILY VALUES FOR YEARS 1 THROUGH 20	
	(MM)	(CU. METERS)
PRECIPITATION	65.40	654.000
RUNOFF	0.000	0.0000
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 2	70.64307	706.43073
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3	0.000018	0.00018
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 3	160.023	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 3	204.958	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 2 (DISTANCE FROM DRAIN)	10.0 METERS	
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 4	0.00002	0.00018
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	0.141	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 4 (DISTANCE FROM DRAIN)	0.0 METERS	

SNOW WATER NICE_OD.OUT 263.08 2630.7839

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 20

LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	0.0024	0.0236
2	2.0971	0.0419
3	0.0000	0.0000
4	0.0060	0.0100
5	0.0000	0.0000
6	0.4500	0.7500
SNOW WATER	0.000	

NICERO1

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 = 0.2350 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.10000005000E-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

NICERO1
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	=	85.737	CM
TOTAL INITIAL WATER	=	85.737	CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW	=	0.00	MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM BURLINGTON VERMONT

NICERO1

STATION LATITUDE = 45.85 DEGREES
 MAXIMUM LEAF AREA INDEX = 0.00
 START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 140
 END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 270
 EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 20.0 CM
 AVERAGE ANNUAL WIND SPEED = 14.00 KPH
 AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 67.00 %
 AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 67.00 %
 AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 73.00 %
 AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 73.00 %

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
89.6	68.0	77.7	79.1	87.4	101.8
107.8	112.2	102.7	92.6	103.6	92.2

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
 COEFFICIENTS FOR BURLINGTON VERMONT

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
-6.0	-4.1	1.9	10.4	18.8	23.6
26.0	24.4	19.0	12.3	4.6	-2.7

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
 COEFFICIENTS FOR BURLINGTON VERMONT
 AND STATION LATITUDE = 45.88 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 2

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	101.50 109.85	90.30 93.00	110.90 139.30	56.65 83.60	63.30 124.85	94.75 116.00
STD. DEVIATIONS	30.97 18.60	24.32 59.26	66.04 122.90	20.86 60.53	1.70 6.86	6.72 33.52

RUNOFF

NICERO1						
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	11.417 87.249	11.657 59.194	8.546 79.360	62.564 48.764	58.564 36.437	83.774 13.313
STD. DEVIATIONS	3.350 0.254	4.132 41.303	2.813 22.741	6.754 8.406	2.332 4.906	5.685 1.675
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3						
TOTALS	40.0893 14.0737	2.3046 16.9681	63.8738 34.1884	129.5316 49.0563	49.6014 35.9684	8.6728 76.8141
STD. DEVIATIONS	6.9266 8.4867	1.5022 20.7055	89.2940 16.6453	118.5385 61.5755	46.4738 15.7749	1.1521 12.4125
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	0.3120 0.1095	0.0199 0.1320	0.4971 0.2749	1.0416 0.3818	0.3860 0.2892	0.0697 0.5978
STD. DEVIATIONS	0.0539 0.0660	0.0129 0.1611	0.6949 0.1338	0.9532 0.4792	0.3617 0.1269	0.0093 0.0966

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 6						
AVERAGES	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

		NICERO1				
	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 2

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1184.00 (148.350)	11840.0	100.00
RUNOFF	0.000 (0.0000)	0.00	0.000
EVAPOTRANSPIRATION	560.837 (21.8757)	5608.37	47.368
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3	521.14233 (268.57083)	5211.423	44.01539
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 4	0.00017 (0.00007)	0.002	0.00001
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	3.426 (1.768)		
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5	0.00017 (0.00007)	0.002	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	102.021 (3.8719)	1020.21	8.617

□

PEAK DAILY VALUES FOR YEARS 1 THROUGH 2

	(MM)	(CU. METERS)
PRECIPITATION	41.10	411.000
RUNOFF	0.000	0.0000
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3	24.29849	242.98489
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 4	0.000007	0.00007
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	58.617	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 4	87.176	

NICERO1

LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 3 (DISTANCE FROM DRAIN)	6.4 METERS	
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5	0.00001	0.00007
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	0.085	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 5 (DISTANCE FROM DRAIN)	0.0 METERS	
SNOW WATER	223.87	2238.7483
MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)	0.4570	
MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)	0.0611	

*** 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 2

LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	3.9344	0.1967
2	87.5999	0.2920
3	2.3750	0.0475
4	0.0000	0.0000
5	0.0060	0.0100
6	0.0000	0.0000
7	0.4500	0.7500
SNOW WATER	11.776	

NICERO1

NICERO2

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 = 0.2350 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

NICERO2
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 30.% AND A SLOPE LENGTH OF 75. METERS.

SCS RUNOFF CURVE NUMBER	=	84.80	
FRACTION OF AREA ALLOWING RUNOFF	=	10.0	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	=	364.968	CM
TOTAL INITIAL WATER	=	364.968	CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW	=	0.00	MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM BURLINGTON VERMONT

NICERO2

STATION LATITUDE = 45.85 DEGREES
 MAXIMUM LEAF AREA INDEX = 0.00
 START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 140
 END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 270
 EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 20.0 CM
 AVERAGE ANNUAL WIND SPEED = 14.00 KPH
 AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 67.00 %
 AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 67.00 %
 AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 73.00 %
 AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 73.00 %

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
89.6	68.0	77.7	79.1	87.4	101.8
107.8	112.2	102.7	92.6	103.6	92.2

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
 COEFFICIENTS FOR BURLINGTON VERMONT

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
-6.0	-4.1	1.9	10.4	18.8	23.6
26.0	24.4	19.0	12.3	4.6	-2.7

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
 COEFFICIENTS FOR BURLINGTON VERMONT
 AND STATION LATITUDE = 45.88 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 5

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	96.64 112.28	97.80 119.92	86.60 118.50	64.52 87.98	51.50 103.74	108.02 95.78
STD. DEVIATIONS	32.62 22.26	21.35 46.60	45.30 64.62	26.00 34.91	11.70 28.21	26.65 30.18

RUNOFF

NICERO2						
TOTALS	2.603 0.129	6.075 0.248	18.056 0.240	4.177 0.041	0.020 0.084	0.127 1.024
STD. DEVIATIONS	2.884 0.129	3.986 0.138	10.595 0.322	7.795 0.058	0.044 0.112	0.129 1.505
EVAPOTRANSPIRATION						
TOTALS	13.760 97.611	12.206 78.947	11.334 76.725	53.526 46.952	50.413 34.987	80.062 13.719
STD. DEVIATIONS	3.158 17.736	2.475 35.082	3.702 13.587	13.738 14.078	8.455 3.813	15.744 2.764
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3						
TOTALS	18.9873 36.0292	5.9809 20.8865	27.3601 29.2991	26.9034 32.5932	61.6966 26.3578	43.1054 43.6305
STD. DEVIATIONS	19.1389 36.7672	9.2359 29.3227	24.6306 23.3541	25.0193 24.2798	56.4656 18.2715	38.7213 29.5651
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	0.1478 0.2804	0.0514 0.1625	0.2129 0.2356	0.2163 0.2536	0.4801 0.2120	0.3466 0.3395
STD. DEVIATIONS	0.1489 0.2861	0.0796 0.2282	0.1917 0.1878	0.2012 0.1889	0.4394 0.1469	0.3114 0.2301
DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 6						
AVERAGES	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

	0.0000	NICERO2 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	5
	MM		CU. METERS	PERCENT	
PRECIPITATION	1143.28	(93.175)	11432.8	100.00	
RUNOFF	32.822	(10.9178)	328.22	2.871	
EVAPOTRANSPIRATION	570.241	(34.2024)	5702.41	49.878	
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3	372.82986	(257.36063)	3728.299	32.61055	
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 4	0.00013	(0.00005)	0.001	0.00001	
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	2.449	(1.692)			
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5	0.00013	(0.00005)	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	167.386	(11.4368)	1673.86	14.641	

□

PEAK DAILY VALUES FOR YEARS			1 THROUGH	5
	(MM)	(CU. METERS)		
PRECIPITATION	49.10	491.000		
RUNOFF	14.460	144.6027		
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			

NICERO2

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	238.83	2388.2720
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 5

LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	4.1166	0.2058
2	440.7618	0.2938
3	3.3268	0.0665
4	0.0000	0.0000
5	0.0060	0.0100
6	0.0000	0.0000
7	0.4500	0.7500
SNOW WATER	0.000	

NICERO2

NICE_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	=	0.4441	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	=	0.1816	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

NICE_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	=	0.0338	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 NICE_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 = 9.140 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 = 793.634 CM
TOTAL INITIAL WATER = 793.634 CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW = 0.00 MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM
BURLINGTON VERMONT

STATION LATITUDE = 45.85 DEGREES
MAXIMUM LEAF AREA INDEX = 0.00
START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 140
END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 270
EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 20.0 CM
AVERAGE ANNUAL WIND SPEED = 14.00 KPH
AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 67.00 %
AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 67.00 %
AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 73.00 %
AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 73.00 %

NICE_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
89.6	68.0	77.7	79.1	87.4	101.8
107.8	112.2	102.7	92.6	103.6	92.2

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR BURLINGTON VERMONT

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
-6.0	-4.1	1.9	10.4	18.8	23.6
26.0	24.4	19.0	12.3	4.6	-2.7

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR BURLINGTON VERMONT
AND STATION LATITUDE = 45.88 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 20

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	101.12 112.88	86.49 100.66	71.57 106.61	53.48 89.86	77.61 102.67	97.30 94.25
STD. DEVIATIONS	27.07 34.05	30.42 39.18	42.07 45.25	20.47 31.91	30.54 33.77	33.48 32.85
RUNOFF						
TOTALS	24.030 2.805	40.642 1.099	191.248 4.944	16.159 7.640	0.000 27.032	0.000 18.889
STD. DEVIATIONS	33.101 12.543	42.426 4.116	92.830 11.118	39.921 12.387	0.000 25.561	0.000 23.543
EVAPOTRANSPIRATION						
TOTALS	14.149 86.399	12.019 78.962	13.956 68.422	52.656 49.857	63.677 28.698	79.370 15.322
STD. DEVIATIONS	2.362 20.929	1.539 25.611	6.791 15.640	13.278 8.644	21.774 6.508	27.347 3.212

NICE_ORF.OUT

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 2

TOTALS	12.5562 13.4890	10.1097 13.8596	10.2798 15.0406	12.9649 16.3679	13.3050 18.0837	12.7670 17.4012
STD. DEVIATIONS	0.4622 2.2987	0.4236 2.8838	0.9500 2.7997	1.3606 3.1874	0.9077 2.5512	1.6757 2.1518

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3

TOTALS	2.3372 2.4823	1.9187 2.5397	1.9743 2.7124	2.3881 2.9318	2.4549 3.1874	2.3579 3.0935
STD. DEVIATIONS	0.0730 0.3615	0.0700 0.4529	0.1509 0.4400	0.2149 0.5002	0.1425 0.3980	0.2630 0.3353

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 6

TOTALS	3.2513 2.3837	2.5991 2.4201	2.5932 2.3676	2.1546 2.4750	2.0411 2.5757	2.2434 2.8380
STD. DEVIATIONS	0.8784 0.1434	0.6484 0.2157	0.3786 0.3366	0.1564 0.4657	0.2104 0.4210	0.1866 0.6361

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	35.2497 37.8685	31.1424 38.9090	28.8592 43.6319	37.6103 45.9505	37.3519 52.4596	37.0364 48.8514
STD. DEVIATIONS	1.2974 6.4533	1.1515 8.0960	2.6671 8.1218	3.9471 8.9483	2.5483 7.4010	4.8610 6.0409

NICE_ORF.OUT

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 7

AVERAGES	0.0253	0.0222	0.0202	0.0173	0.0159	0.0180
	0.0185	0.0188	0.0190	0.0193	0.0207	0.0221
STD. DEVIATIONS	0.0068	0.0055	0.0029	0.0013	0.0016	0.0015
	0.0011	0.0017	0.0027	0.0036	0.0034	0.0050

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 20

	MM		CU. METERS	PERCENT
		()		
PRECIPITATION	1094.51	(115.344)	10945.1	100.00
RUNOFF	334.489	(86.6039)	3344.89	30.561
EVAPOTRANSPIRATION	563.487	(49.8426)	5634.87	51.483
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 2	166.22455	(13.15618)	1662.245	15.18712
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 3	30.37834	(2.06825)	303.783	2.77552
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 3	395.767	(31.150)		
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 6	29.94292	(2.86810)	299.429	2.73574
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 7	0.00006	(0.00000)	0.001	0.00001
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 7	0.198	(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	0.366	(2.2574)	3.66	0.033

NICE_ORF.OUT

□

PEAK DAILY VALUES FOR YEARS	1 THROUGH 20	
	(MM)	(CU. METERS)
PRECIPITATION	65.40	654.000
RUNOFF	144.603	1446.0273
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	0.13198	1.31975
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 7	0.000000	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 7	0.318	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 7	0.631	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 6 (DISTANCE FROM DRAIN)	0.2 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	263.08	2630.7839
MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.4570
MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.0597

*** 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.

NICE_ORF.OUT

□

FINAL WATER STORAGE AT END OF YEAR 20

LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	6.1360	0.4091
2	20.5648	0.4570
3	0.0000	0.0000
4	5.6635	0.1888
5	759.2000	0.2920
6	2.3456	0.0469
7	0.0000	0.0000
8	0.0060	0.0100
9	0.0000	0.0000
10	0.4500	0.7500
SNOW WATER	0.000	

NICERFO2

TYPE 3 - BARRIER SOIL LINER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 0

THICKNESS = 90.00 CM
POROSITY = 0.4450 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.3930 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.2770 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.4450 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.99999997000E-06 CM/SEC

LAYER 3

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 = 0.2240 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.10000005000E-02 CM/SEC

LAYER 4

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 18

THICKNESS = 20.00 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. = 0.10000005000E-02 CM/SEC

LAYER 5

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 = 0.0579 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.300000012000 CM/SEC
SLOPE = 2.00 PERCENT
DRAINAGE LENGTH = 30.0 METERS

LAYER 6

NICERFO2
 TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER
 MATERIAL TEXTURE NUMBER 35

THICKNESS	=	1.50	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	=	4	- POOR

GENERAL DESIGN AND EVAPORATIVE ZONE DATA

NOTE: SCS RUNOFF CURVE NUMBER WAS COMPUTED FROM DEFAULT SOIL DATA BASE USING SOIL TEXTURE # 7 WITH A FAIR STAND OF GRASS, A SURFACE SLOPE OF 5.% AND A SLOPE LENGTH OF 200. METERS.

SCS RUNOFF CURVE NUMBER	=	74.00	
FRACTION OF AREA ALLOWING RUNOFF	=	100.0	PERCENT
AREA PROJECTED ON HORIZONTAL PLANE	=	1.0000	HECTARES
EVAPORATIVE ZONE DEPTH	=	15.0	CM
INITIAL WATER IN EVAPORATIVE ZONE	=	6.468	CM
UPPER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE	=	7.095	CM
LOWER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE	=	1.560	CM
INITIAL SNOW WATER	=	1.046	CM
INITIAL WATER IN LAYER MATERIALS	=	61.974	CM
TOTAL INITIAL WATER	=	63.020	CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW	=	0.00	MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM BURLINGTON VERMONT

STATION LATITUDE	=	45.85	DEGREES
MAXIMUM LEAF AREA INDEX	=	3.50	
START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE)	=	140	
END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE)	=	270	
EVAPORATIVE ZONE DEPTH	=	15.0	CM
AVERAGE ANNUAL WIND SPEED	=	14.00	KPH
AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	67.00	%
AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	67.00	%
AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	73.00	%
AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY	=	73.00	%

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

NORMAL MEAN MONTHLY PRECIPITATION (MM)

NICERFO2					
JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
92.1	69.9	78.9	79.9	90.7	103.6
108.8	106.6	100.7	92.8	105.1	95.9

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR BURLINGTON VERMONT

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
-8.6	-7.7	-1.6	5.9	12.9	18.3
20.9	19.5	14.9	8.8	2.6	-5.2

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR BURLINGTON VERMONT
AND STATION LATITUDE = 45.85 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 20

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	103.92 113.93	88.92 95.70	72.68 104.54	54.00 89.96	80.55 104.11	99.02 98.00
STD. DEVIATIONS	27.90 34.32	31.26 37.23	42.76 44.43	20.62 31.96	31.77 34.23	34.10 34.21
RUNOFF						
TOTALS	5.317 2.484	5.539 1.442	189.194 12.733	109.560 15.532	1.074 40.188	1.841 11.146
STD. DEVIATIONS	15.722 10.567	12.184 4.807	94.140 25.059	112.056 20.606	3.840 32.934	5.845 22.393
EVAPOTRANSPIRATION						
TOTALS	12.429 98.033	10.873 84.915	11.868 60.043	38.147 38.865	77.918 23.183	91.038 11.891
STD. DEVIATIONS	1.818 23.490	1.762 29.137	2.789 14.530	15.748 6.294	23.000 4.599	30.609 1.684
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 2						
TOTALS	0.4579 8.3584	0.6146 8.6534	8.4355 18.4129	14.9736 22.7964	12.0644 27.3328	9.6995 16.9290

NICERFO2

STD. DEVIATIONS 1.4480 1.1029 3.2548 5.4120 5.8950 5.7711
 6.7374 7.9421 8.5274 9.2011 5.2468 6.4082

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5

TOTALS 9.9989 3.7833 2.9206 5.1175 14.7823 11.2172
 10.1587 8.9148 10.1914 19.8579 24.6591 27.2734

STD. DEVIATIONS 3.2877 0.7137 0.9958 2.7104 4.6546 5.0306
 4.3647 5.0380 6.5216 9.4254 6.9912 4.0565

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 2

AVERAGES 0.0136 0.0065 0.0794 2.6249 2.0067 1.5658
 1.3938 1.6467 4.7605 6.3137 10.8218 4.5585

STD. DEVIATIONS 0.0572 0.0193 0.0521 1.3911 1.4028 1.1881
 1.4906 2.1408 3.5837 4.0306 3.7398 2.6194

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 6

AVERAGES 0.0934 0.0388 0.0273 0.0494 0.1380 0.1082
 0.0949 0.0832 0.0983 0.1854 0.2379 0.2547

STD. DEVIATIONS 0.0307 0.0075 0.0093 0.0262 0.0435 0.0485
 0.0408 0.0470 0.0629 0.0880 0.0675 0.0379

AVERAGE ANNUAL TOTALS & (STD. DEVIATIONS) FOR YEARS 1 THROUGH 20

	MM		CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1105.33	(115.515)	11053.3	100.00
RUNOFF	396.050	(79.4410)	3960.50	35.831
EVAPOTRANSPIRATION	559.204	(49.9730)	5592.04	50.592
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 2	148.72844	(23.75293)	1487.284	13.45563
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 2	29.827	(7.685)		

NICERFO2

LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5	148.87506 (22.05795)	1488.751	13.46889
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6	0.00006 (0.00000)	0.001	0.00001
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 6	1.175 (0.174)		
CHANGE IN WATER STORAGE	1.196 (2.2745)	11.96	0.108

□

PEAK DAILY VALUES FOR YEARS	1	THROUGH	20
	(MM)		(CU. METERS)
	-----		-----
PRECIPITATION	66.00		660.000
RUNOFF	138.336		1383.3619
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 2	1.007985		10.07985
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 2	150.000		
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 5	1.35818		13.58179
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6	0.000000		0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 6	3.932		
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 6	7.515		
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 5 (DISTANCE FROM DRAIN)	1.3 METERS		
SNOW WATER	425.22		4252.2319
MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)			0.4730
MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)			0.1040

*** 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.

NICERFO2

□

FINAL WATER STORAGE AT END OF YEAR 20

LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	6.3488	0.4233
2	40.0500	0.4450
3	6.3349	0.2112
4	5.8400	0.2920
5	2.9887	0.0598
6	0.0000	0.0000
SNOW WATER	3.849	

ANNEXE F

DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES DE DRUMMONDVILLE

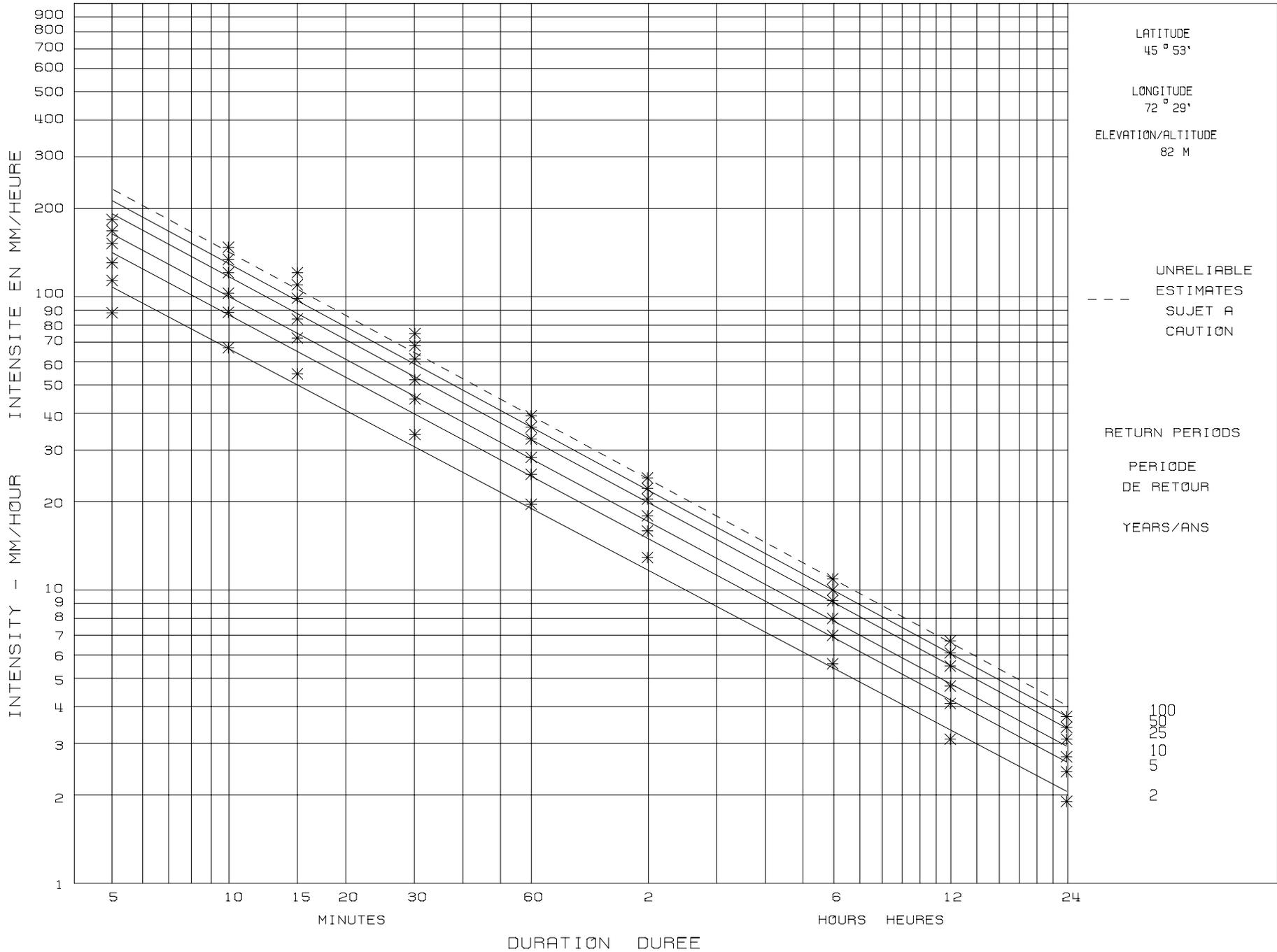
SHORT DURATION RAINFALL INTENSITY-DURATION FREQUENCY DATA FOR-
 DONNEES SUR L'INTENSITE, LA DUREE ET LA FREQUENCE DES CHUTES DE PLUIE DE COURTE DUREE A DRUMMONDVILLE QUE

GUMBEL-METHOD OF MOMENTS
 METHODE DES MOMENTS

BASED ON RECORDING RAIN GAUGE DATA FOR THE PERIOD-
 BASEES SUR LES DONNEES DU PLUVIOGRAPHES POUR LA PERIODE

1967 - 1990

21 YEARS/AN



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

-
- 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.

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.

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.

-
- 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.
 - 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.

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

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 : $0,940 \text{ g/cm}^3$ 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			
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	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.

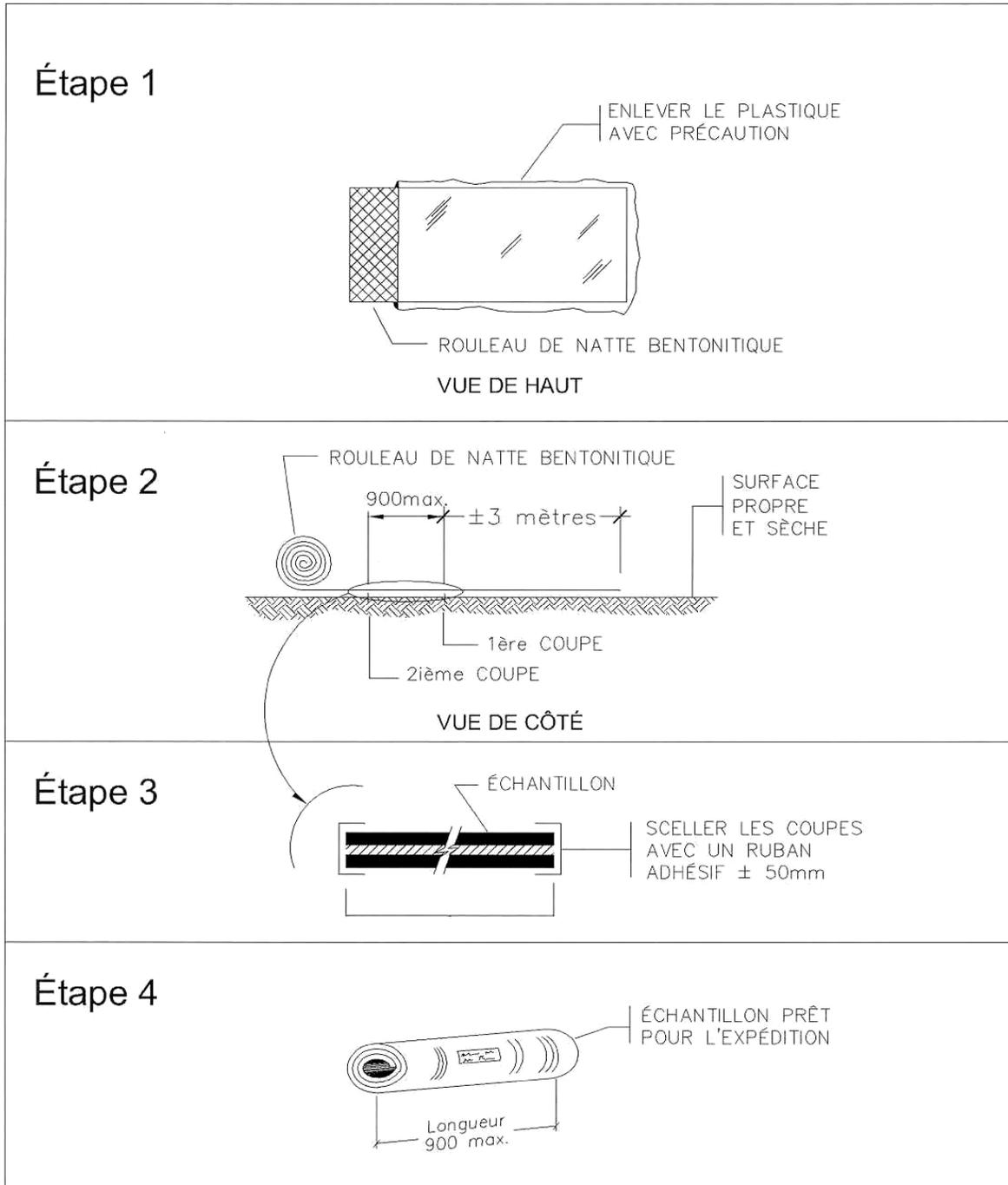
- Étape 4 : Après l'opération de scellement, rouler l'échantillon et le tenir en place à l'aide d'un adhésif approprié.

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	ASTM D4632	N	420	
	- Résistance				
	- 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

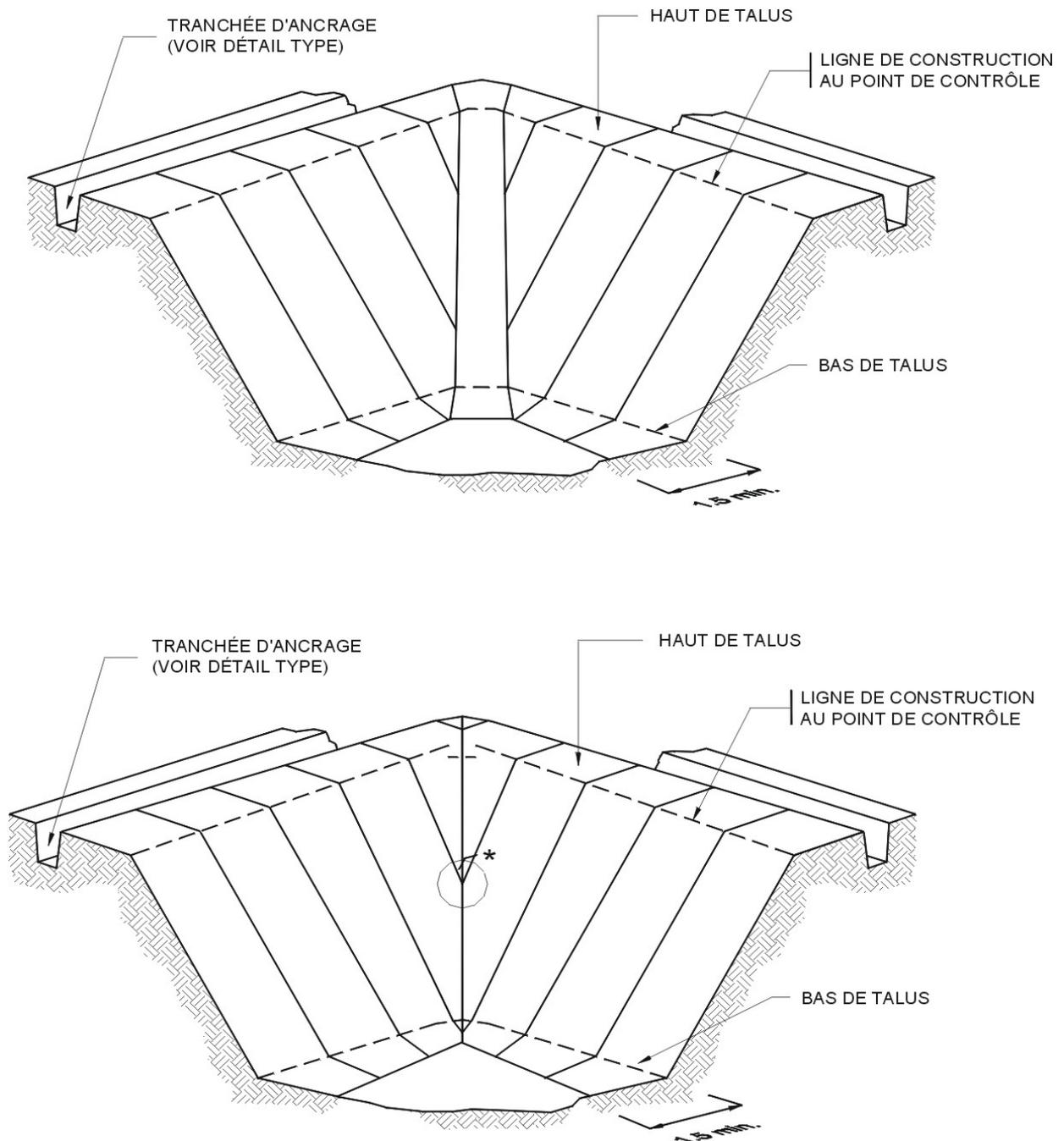
4.4.1 Plan de déploiement

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 soudure 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.

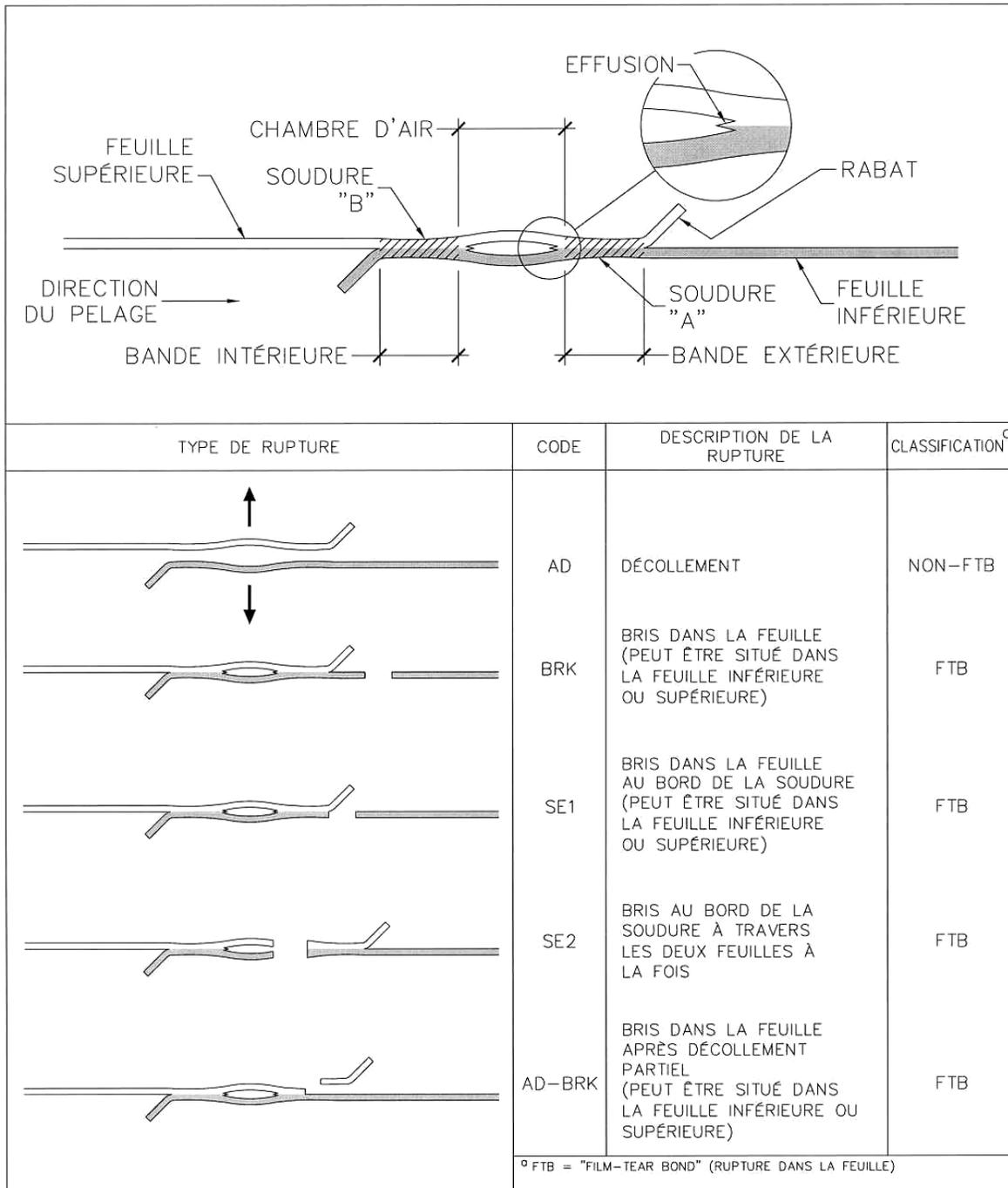
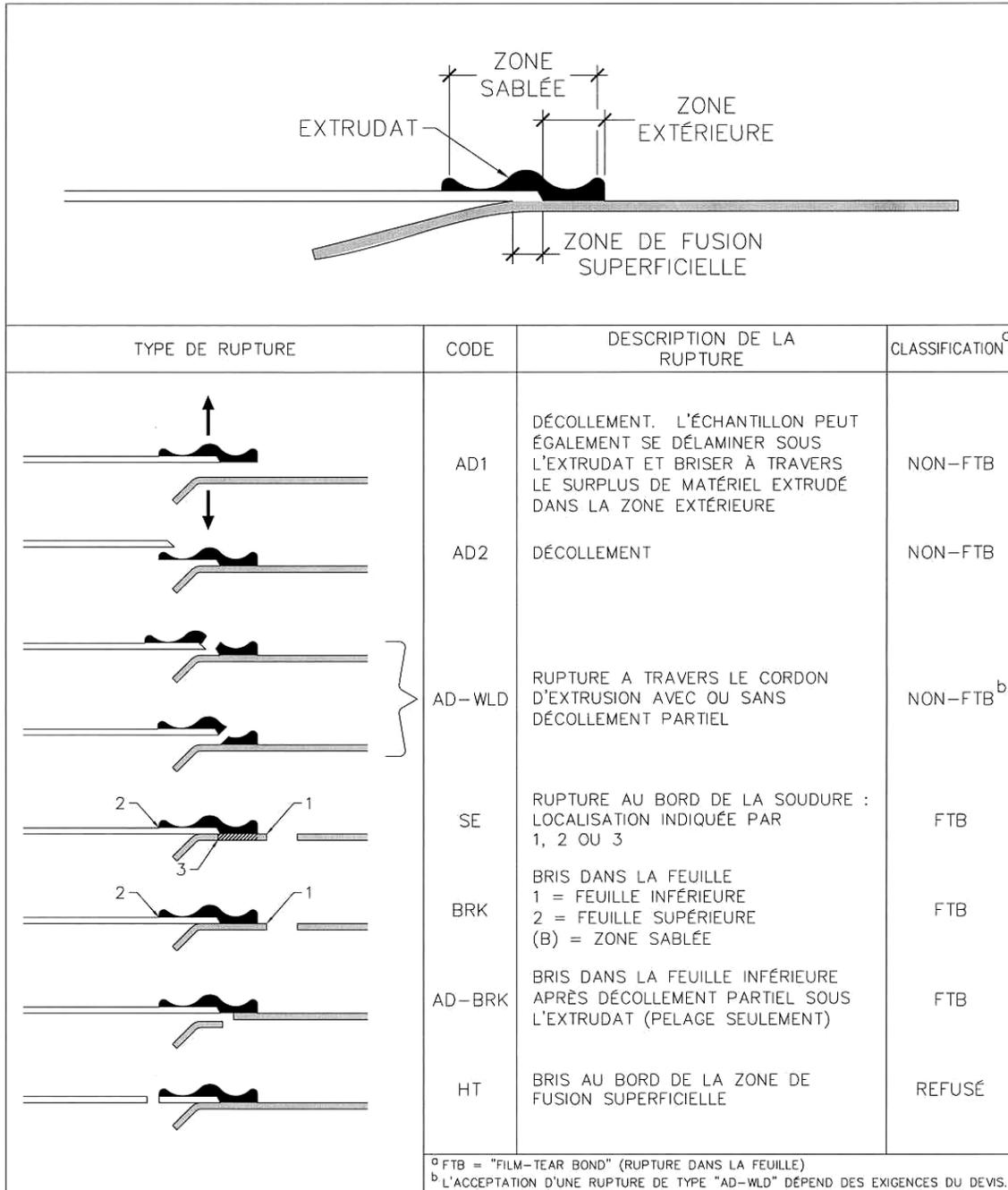


Figure 4 Types de rupture pour une soudure par extrusion.



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 défectuosité 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 déféctuosité 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 défektivité 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 pèlerine 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 déféctuosité 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 géogrille de renforcement (non applicable)

8.1 Livraison, entreposage et manutention des géogrilles

Effectuer une inspection visuelle à chaque livraison de rouleaux de géogrille 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 géogrille, 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 géogrille mise en place, éliminer tous les gondlements, vagues, etc. en tirant sur l'extrémité. S'assurer de garder la géogrille 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 géogrille 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 :

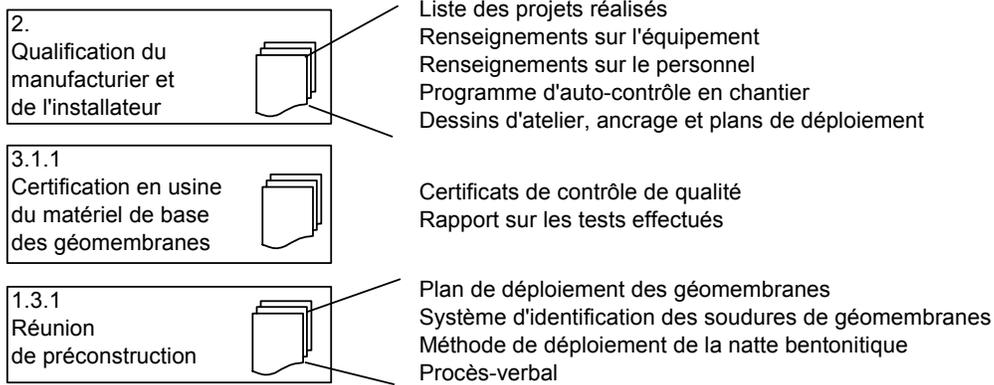
- a) un résumé des activités de construction;
- b) un résumé des activités de contrôle de qualité;
- c) une certification de conformité des matériaux;
- d) une certification de conformité des travaux;
- e) les résultats des contrôles de qualité des Manufacturiers;
- f) les résultats des contrôles de 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



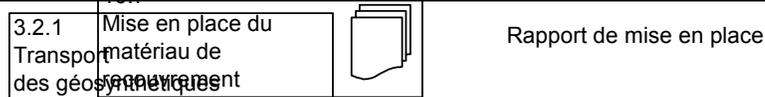
TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU LET



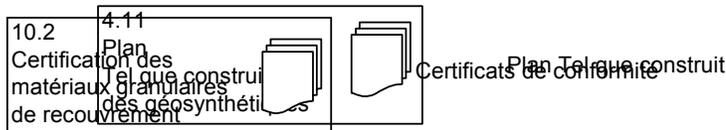
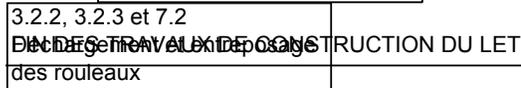
MISE EN PLACE DU RECOUVREMENT GRANULAIRE



EXPÉDITION DES GÉOSYNTHÉTIQUES



RÉCEPTION DES GÉOSYNTHÉTIQUES 3.2.2 ET 7.1 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

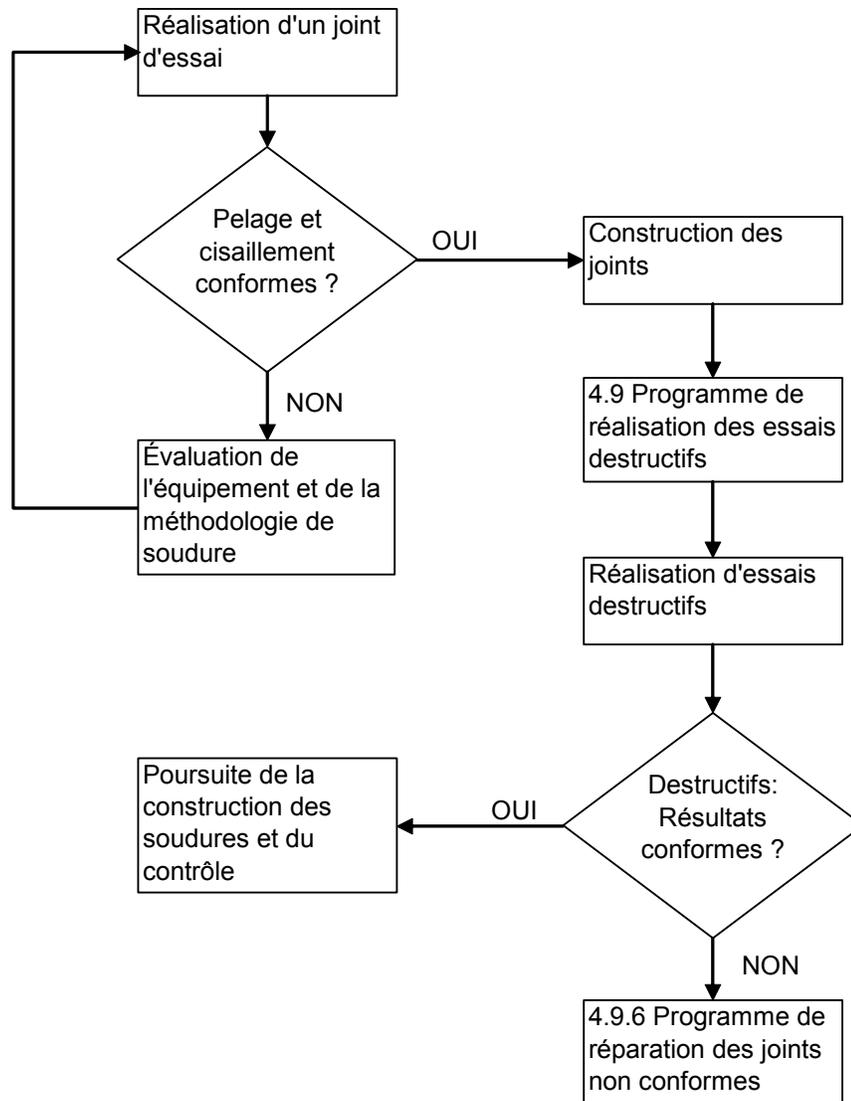
FIN DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU LET

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 POSTFERMETURE

ANNEXE H – ESTIMATION DES COÛTS POSTFERMETURE

1. Généralité

La directive pour le projet d'agrandissement du Lieu d'enfouissement technique (LET) de Saint-Nicéphore émise en avril 2010 par la Direction des évaluations environnementales du ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) impose à WM 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 :

- ↳ le maintien de l'intégrité du recouvrement final des déchets, soit le comblement de trous, failles ou affaissement, l'entretien de la couche végétale de même que les couches de drainage et d'étanchéité;
- ↳ le contrôle, l'entretien et le nettoyage du système de captage et de gestion du lixiviat, du système de captage des eaux superficielles et souterraines, du système de collecte et d'évacuation, de valorisation ou d'élimination des biogaz ainsi que du système de puits de contrôle des eaux souterraines;
- ↳ la vérification de l'étanchéité des conduites des systèmes de captage des eaux de lixiviation situées à l'extérieur des zones de dépôt du lieu ainsi que de toute composante du système de traitement des eaux de lixiviation ou des eaux ;
- ↳ l'exécution des campagnes d'échantillonnage, d'analyses et de mesures se rapportant au lixiviat, aux eaux souterraines ainsi qu'au biogaz.

De plus, le MDDEP exige la mise en place de fonds en fiducie pour assurer le financement de cet entretien postfermeture.

Puisque le concept du projet de développement du LET de Saint-Nicéphore proposé prévoit que la zone 3A sera aménagée à l'intérieur de l'enceinte étanche des phases antérieures et qu'en plus, les infrastructures ainsi que les équipements utilisés pour le suivi et les opérations seront les mêmes pour le site actuel et les futures aires d'enfouissement, WM désire inclure les frais afférents à l'entretien et la gestion de l'ensemble du LET de Saint-Nicéphore au calcul des frais de gestion postfermeture.

Ainsi, le coût unitaire pour la fiducie de postfermeture sera basé sur la capacité totale d'enfouissement des futures aires d'exploitation, laquelle est évaluée à environ 14,22 millions de mètres cube, à savoir plus précisément, 2,76 millions de mètres cube dans la phase 3A et 11,46 millions de mètres cube dans la phase 3B.

La présente évaluation des frais d'entretien postfermeture comporte divers volets :

1. l'application des programmes de suivi environnemental;
2. l'entretien du couvert final;
3. la gestion des eaux de lixiviation et ;
4. l'opération du système de biogaz.

Les coûts pour chacun de ces volets sont ventilés dans les sections suivantes.

2. Programme de suivi environnemental

Le programme de suivi environnemental comporte trois composantes soit :

- ↳ les eaux de surface et le lixiviat,
- ↳ les eaux souterraines et
- ↳ les biogaz.

L'évaluation des coûts d'un tel programme est donc basée sur les fréquences et les analyses prévues, lesquelles sont conformes au REIMR.

2.1 Eaux de surface et lixiviat

Pour les fins de l'estimation, huit points d'échantillonnage sont prévus pour le prélèvement des eaux de surface avant leur rejet au réseau hydrique.

Tel qu'exigé au REIMR, les eaux de lixiviation provenant des cellules 5 à 8 de la phase 2 ainsi que des phases 3A et 3B seront, quant à elles, prélevées aux postes de pompage (SP-5, SP-5SDF, SP-6, SP-6SDF, SP3-1, SP3-1SDF, SP3-2, SP3-2SDF, SP3-3, SP3-3SDF, SP3-4, SP3-4SDF, SP3-5, SP3-5SDF, SPT-1 et SPT-2).

Les coûts reliés à cette activité sont évalués comme suit :

2-1 : Suivi environnemental – Eaux de surface et de lixiviation		
MAIN-D'ŒUVRE		
	Technicien :	
	– 3 visites X 40 hres X 65 \$/hre (incluant prép.)	7 800,00 \$
	Professionnel – rapport :	1 920,00 \$
DÉPENSES		
	ANALYSES	
	– Eaux de surface	
	▪ 2 camps. X 8 points X 250.00 \$	4 000,00 \$
	▪ 1 camp. X 8 points X 600.00\$	4 800,00 \$
	– Eaux de lixiviation :	
	▪ 1 camp. X 16 points X 250.00 \$	4 000,00 \$
	SOUS-TOTAL	22 520,00 \$

2.2 Eaux souterraines

En considérant l'ensemble des exigences du REIMR, la qualité des eaux souterraines sera évaluée à partir de 24 points d'échantillonnage.

La fréquence d'échantillonnage prévue est de trois fois par année, au printemps, en été et à l'automne.

2-2 : Suivi environnemental – Eaux souterraines		
MAIN-D'ŒUVRE		
	Prélèvements et préparation :	
	– 3 visites X 80 hres X 65 \$/hre	15 600,00 \$
	Professionnel – rapport :	3 600,00 \$
DÉPENSES		
	ANALYSES	
	– 1 camp. X 24 points X 590.00 \$	14 160,00 \$
	– 2 camp. X 24 points X 250.00 \$	12 000,00 \$
SOUS-TOTAL		45 360,00 \$

2.3 Biogaz

Le REIMR stipule que les mesures dans le sol doivent être effectuées à au moins quatre points de contrôle répartis uniformément autour des zones de dépôt des matières résiduelles. Dans le cas où la dimension des zones de dépôt excède 8 hectares, il doit être ajouté un point de contrôle par tranche supplémentaire de terrain de 8 hectares ou, dans le cas d'une tranche résiduelle, de moins de 8 hectares. Dans le cas présent, 18 puits de biogaz seront nécessaires.

En prévoyant 16 points de contrôle dans les bâtiments, cela portera le nombre de points de contrôle à 34.

Les coûts pour cette activité sont évalués comme suit :

2-3 : Suivi environnemental – Biogaz	
MAIN-D'ŒUVRE	
Technicien :	
– 4 visites X 40 hres X 65 \$/hre (incluant prép.)	10 400,00 \$
Professionnel – rapport :	
– 4 X 10 hres X 75 \$/hre	3 000, 00 \$
SOUS-TOTAL	13 400,00 \$

2.4 Synthèse

Le coût total pour la réalisation du suivi environnemental des eaux de surface, des eaux de lixiviation, des eaux souterraines et de biogaz est résumé dans le tableau suivant :

2-4 : Synthèse – Coût total du suivi environnemental	
DESCRIPTION	
Eaux de surface et lixiviat	22 520,00 \$
Eaux souterraines	45 360,00 \$
Biogaz	13 400,00 \$
TOTAL	81 280,00 \$

3. Entretien du couvert final

Le maintien du couvert final comprend deux volets, soit la réfection du couvert à l'endroit où il y a des affaissements (surtout durant les cinq premières années après la fermeture) ainsi que le maintien de la couche végétale (tonte). Compte tenu que les réparations sont principalement effectuées au cours des cinq années suivant la mise en place du recouvrement final, il a été considéré que les coûts de réfection du recouvrement final seraient calculés de la façon suivante :

- ↳ La réfection du couvert final réalisé au cours des cinq années précédant la fermeture du site représente environ 0,5% de l'investissement requis pour l'aménagement de cette superficie.
- ↳ La réfection l'ensemble du couvert final ayant été aménagé plus de cinq ans avant la fermeture représentant environ 25 000 \$ annuellement.

Le coût de ces activités est évalué comme suit :

3-1 : Entretien du couvert final	
RÉFECTION DU COUVERT	
Coût annuel de 0,5 % de l'investissement initial	
– Investissement initial:	
LET phase 3B: ± 4 852 500,00\$	
(194 100 m ² x 25\$/m ²)	
– Allocation annuelle pour travaux de réfection :	
± 4 852 500 \$ x 0,5%: 24 262,00 \$	
Coût annuel pour travaux de réfection :	25 000,00 \$
TONTE DE GAZON	
Fréquence : 2 fois par année	
– Coût unitaire :	
± 114 ha x 25 \$/ha ± 2 850,00 \$	
– Coût annuel arrondi :	5 700,00 \$
TOTAL	30 700,00 \$

4. Traitement des eaux de lixiviation et des biogaz

4.1 Eaux de lixiviation

Le volume de lixiviat qui sera généré en période postfermeture provenant de l'ensemble du LET de Saint-Nicéphore est estimé à 145 300 m³/an après la mise en place du recouvrement final étanche. Les coûts incluent l'opération de la filière de traitement, la main d'œuvre, les produits chimiques et l'entretien des équipements. Le coût actuel pour le LET de Saint-Nicéphore est de 2,00 \$/m³ de lixiviat traité.

4-1 : Système de traitement du lixiviat – Opération et entretien	
DESCRIPTION	
Lixiviat produit par le LET – 2,00 \$/m ³ X 145 300 m ³	290 600,00 \$
SOUS-TOTAL	290 600,00 \$

Les coûts découlant de l'opération et de l'entretien des pompes des 11 postes de pompage servant à la collecte des eaux de lixiviation générées par l'ensemble du LET sont évalués annuellement en moyenne à 3 500 \$/poste. Ce coût sera assumé sur une période estimée à 30 ans.

4-2 : Synthèse – Coût total du traitement du lixiviat	
DESCRIPTION	
Système de traitement du lixiviat	290 600,00 \$
Poste de pompage (11 x 3 500 \$/poste)	38 500,00 \$
TOTAL	329 100,00 \$

4.2 Biogaz

Parallèlement à l'exploitation des nouvelles aires d'enfouissement, la mise en place du recouvrement final des phases 3A et 3B sera réalisée. Ainsi, le biogaz généré par toutes les zones d'enfouissement au site de Saint-Nicéphore sera collecté et traité simultanément à partir des installations existantes.

Les coûts d'opération et d'entretien du système de biogaz se détaillent de la façon suivante :

4-3 : Système de biogaz – Opération et entretien	
DESCRIPTION	
Électricité	10 000,00 \$
Essai de performance annuel	10 000,00 \$
Entretien et opération	50 000,00 \$
TOTAL	70 000 \$

5. Frais divers

D'autres budgets sont à prévoir pour divers postes mineurs dont :

- ↪ la gestion et l'administration des activités d'entretien postfermeture;
- ↪ entretien des divers actifs;
- ↪ inspection annuelle des lieux;
- ↪ assurances, permis, etc.

Une allocation de 10 % est prévue pour cet item.

5.1 Synthèse des coûts de postfermeture

5-1 : Synthèse – Coût de postfermeture	
DESCRIPTION	
Suivi environnemental	81 280,00 \$
Entretien du couvert final	30 700,00 \$
Traitement des eaux	329 100,00 \$
Biogaz	70 000,00 \$
SOUS-TOTAL	511 080,00 \$
Frais divers (10%)	51 108,00 \$
TOTAL (\$2010)	562 188,00 \$

6. Calcul de la contribution au fonds de suivi

Le calcul de la contribution au fond de suivi est influencé par plusieurs facteurs, dont le plus important, est la période sur laquelle les argents sont accumulés. Les paramètres financiers déterminés par le MDDEP pour l'année 2010 ont servi à établir le Fonds fiduciaire postfermeture. Les hypothèses ayant servi au calcul sont les suivants :

↵ Coûts des mesures de post fermeture (\$ 2010) :	562 188 \$
↵ Taux de rendement brut:	5,0 % ;
↵ Taux de gestion de la Fiducie :	1,0% ;
↵ Taux de rendement net	
○ En période d'exploitation (5,0 % - 1,0%) :	
▪ 10 premières années	4,0%
○ Écart défavorable :	0,5%
▪ À partir de la dernière période complète de révision de la contribution	
• 9 dernières années d'exploitation	3,5%
○ En période postfermeture	3,5%
↵ Taux d'inflation :	2,0%
↵ Impôts provincial:	11,9%
↵ Impôts fédéral :	28,00%
↵ Période d'exploitation :	19 années
↵ Tonnage annuel de matières résiduelles : 625 000 t/an pour un volume annuel de l'ordre de 735 300 m ³ .	

Basée sur ces hypothèses, la contribution au fond postfermeture est établie à 1,38 \$/m³ ou encore 1,62 \$/t.

Tableau 6.1 : Sommaire du calcul de la contribution au Fonds postfermeture

Année	Volume annuel d'enfouissement	Contribution au fonds postfermeture	Contribution totale au cours de l'année	Solde d'ouverture du fond postfermeture	Paiement postfermeture	Revenu d'intérêt	Impôt provincial fédéral	Impôt fédéral	Revenu d'intérêt après impôt	Solde à la fin de l'année
	m ³	\$/m ³	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
2013	367 647	1,38 \$	507 086 \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	507 086 \$
2014	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	507 086 \$	- \$	20 283 \$	2 414 \$	5 679 \$	12 190 \$	1 533 447 \$
2015	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	1 533 447 \$	- \$	61 338 \$	7 299 \$	17 175 \$	36 864 \$	2 584 483 \$
2016	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	2 584 483 \$	- \$	103 379 \$	12 302 \$	28 946 \$	62 131 \$	3 660 786 \$
2017	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	3 660 786 \$	- \$	146 431 \$	17 425 \$	41 001 \$	88 005 \$	4 762 962 \$
2018	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	4 762 962 \$	- \$	190 518 \$	22 672 \$	53 345 \$	114 502 \$	5 891 635 \$
2019	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	5 891 635 \$	- \$	235 665 \$	28 044 \$	65 986 \$	141 635 \$	7 047 442 \$
2020	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	7 047 442 \$	- \$	281 898 \$	33 546 \$	78 931 \$	169 421 \$	8 231 034 \$
2021	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	8 231 034 \$	- \$	329 241 \$	39 180 \$	92 188 \$	197 874 \$	9 443 079 \$
2022	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	9 443 079 \$	- \$	377 723 \$	44 949 \$	105 762 \$	227 012 \$	10 684 262 \$
2023	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	10 684 262 \$	- \$	427 370 \$	50 857 \$	119 664 \$	256 850 \$	11 955 284 \$
2024	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	11 955 284 \$	- \$	418 435 \$	49 794 \$	117 162 \$	251 479 \$	13 220 935 \$
2025	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	13 220 935 \$	- \$	462 733 \$	55 065 \$	129 565 \$	278 102 \$	14 513 208 \$
2026	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	14 513 208 \$	- \$	507 962 \$	60 448 \$	142 229 \$	305 285 \$	15 832 665 \$
2027	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	15 832 665 \$	- \$	554 143 \$	65 943 \$	155 160 \$	333 040 \$	17 179 877 \$
2028	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	17 179 877 \$	- \$	601 296 \$	71 554 \$	168 363 \$	361 379 \$	18 555 427 \$
2029	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	18 555 427 \$	- \$	649 440 \$	77 283 \$	181 843 \$	390 313 \$	19 959 912 \$
2030	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	19 959 912 \$	- \$	698 597 \$	83 133 \$	195 607 \$	419 857 \$	21 393 940 \$
2031	735 294	1,38 \$	1 014 171 \$	21 393 940 \$	- \$	748 788 \$	89 106 \$	209 661 \$	450 022 \$	22 858 133 \$
2032	615 404	1,38 \$	848 810 \$	22 858 133 \$	- \$	800 035 \$	95 204 \$	224 010 \$	480 821 \$	24 187 764 \$
2033				24 187 764 \$	835 382 \$	846 572 \$	100 742 \$	237 040 \$	508 790 \$	23 861 172 \$
2034				23 861 172 \$	852 089 \$	835 141 \$	99 382 \$	233 839 \$	501 920 \$	23 511 002 \$
2035				23 511 002 \$	869 131 \$	822 885 \$	97 923 \$	230 408 \$	494 554 \$	23 136 425 \$
2036				23 136 425 \$	886 514 \$	809 775 \$	96 363 \$	226 737 \$	486 675 \$	22 736 586 \$
2037				22 736 586 \$	904 244 \$	795 781 \$	94 698 \$	222 819 \$	478 264 \$	22 310 606 \$
2038				22 310 606 \$	922 329 \$	780 871 \$	92 924 \$	218 644 \$	469 304 \$	21 857 581 \$
2039				21 857 581 \$	940 776 \$	765 015 \$	91 037 \$	214 204 \$	459 774 \$	21 376 579 \$
2040				21 376 579 \$	959 591 \$	748 180 \$	89 033 \$	209 490 \$	449 656 \$	20 866 644 \$
2041				20 866 644 \$	978 783 \$	730 333 \$	86 910 \$	204 493 \$	438 930 \$	20 326 791 \$
2042				20 326 791 \$	998 359 \$	711 438 \$	84 661 \$	199 203 \$	427 574 \$	19 756 007 \$
2043				19 756 007 \$	1 018 326 \$	691 460 \$	82 284 \$	193 609 \$	415 568 \$	19 153 249 \$
2044				19 153 249 \$	1 038 692 \$	670 364 \$	79 773 \$	187 702 \$	402 889 \$	18 517 445 \$
2045				18 517 445 \$	1 059 466 \$	648 111 \$	77 125 \$	181 471 \$	389 514 \$	17 847 493 \$
2046				17 847 493 \$	1 080 655 \$	624 662 \$	74 335 \$	174 905 \$	375 422 \$	17 142 260 \$
2047				17 142 260 \$	1 102 269 \$	599 979 \$	71 398 \$	167 994 \$	360 587 \$	16 400 579 \$
2048				16 400 579 \$	1 124 314 \$	574 020 \$	68 308 \$	160 726 \$	344 986 \$	15 621 251 \$
2049				15 621 251 \$	1 146 800 \$	546 744 \$	65 063 \$	153 088 \$	328 593 \$	14 803 044 \$
2050				14 803 044 \$	1 169 736 \$	518 107 \$	61 655 \$	145 070 \$	311 382 \$	13 944 690 \$
2051				13 944 690 \$	1 193 131 \$	488 064 \$	58 080 \$	136 658 \$	293 327 \$	13 044 885 \$
2052				13 044 885 \$	1 216 994 \$	456 571 \$	54 332 \$	127 840 \$	274 399 \$	12 102 291 \$
2053				12 102 291 \$	1 241 333 \$	423 580 \$	50 406 \$	118 602 \$	254 572 \$	11 115 529 \$
2054				11 115 529 \$	1 266 160 \$	389 044 \$	46 296 \$	108 932 \$	233 815 \$	10 083 184 \$
2055				10 083 184 \$	1 291 483 \$	352 911 \$	41 996 \$	98 815 \$	212 100 \$	9 003 801 \$
2056				9 003 801 \$	1 317 313 \$	315 133 \$	37 501 \$	88 237 \$	189 395 \$	7 875 883 \$
2057				7 875 883 \$	1 343 659 \$	275 656 \$	32 803 \$	77 184 \$	165 669 \$	6 697 893 \$
2058				6 697 893 \$	1 370 532 \$	234 426 \$	27 897 \$	65 639 \$	140 890 \$	5 468 251 \$
2059				5 468 251 \$	1 397 943 \$	191 389 \$	22 775 \$	53 589 \$	115 025 \$	4 185 332 \$
2060				4 185 332 \$	1 425 902 \$	146 487 \$	17 432 \$	41 016 \$	88 038 \$	2 847 469 \$
2061				2 847 469 \$	1 454 420 \$	99 661 \$	11 860 \$	27 905 \$	59 897 \$	1 452 946 \$
2062				1 452 946 \$	1 483 508 \$	50 853 \$	6 052 \$	14 239 \$	30 563 \$	(0) \$

Il est à noter que l'enfouissement de matières résiduelles dans la phase 3A n'est prévu qu'en juillet 2013.