
**ANNEXE F – Devis
Assurance-qualité des géosynthétiques**

1. GÉNÉRALITÉS	1
1.1 DÉFINITION	1
1.1.1 Assurance-qualité (A-Q) et contrôle de la qualité (C-Q)	1
1.1.2 Objectifs de l'assurance-qualité et du contrôle de la qualité.....	1
1.1.3 Références.....	1
1.2 INTERVENANTS	2
1.2.2 L'Ingénieur	2
1.2.3 L'Entrepreneur général	2
1.2.4 Manufacturier	2
1.2.5 Installateur	2
1.2.6 Transporteur	2
1.2.7 Consultant en sols	2
1.2.8 Laboratoire d'assurance-qualité.....	3
1.2.9 Le Maître de l'ouvrage ou Propriétaire.....	3
1.2.10 Le Gérant de projet	3
1.2.11 Le Consultant en assurance-qualité.....	3
1.3 VISITE ET RÉUNION	3
1.3.1 Réunion de pré-construction	3
1.3.2 Réunion de démarrage.....	4
1.3.3 Réunion hebdomadaire.....	5
2. QUALIFICATION DU MANUFACTURIER ET DE L'INSTALLATEUR DES GÉOSYNTHÉTIQUES.....	7
3. CERTIFICATION ET EXPÉDITION DES GÉOSYNTHÉTIQUES.....	9
3.1 CERTIFICATION EN USINE	9
3.1.1 Matériel de base des géomembranes	9
3.1.2 Certification	9
3.1.3 Fabrication	13
3.1.4 Rouleaux	13
3.2 LIVRAISON DES GÉOSYNTHÉTIQUES.....	14
3.2.1 Transport.....	14
3.2.2 Réception.....	14
3.2.3 Entreposage	15
3.3 CERTIFICATION AU CHANTIER	15
3.3.1 Géomembranes	16
3.3.2 Géotextile.....	19
3.3.3 Géofilet	22
3.3.4 Natte bentonitique.....	23
3.3.5 Géogrille de renforcement (SANS OBJET)	26
3.4 TRANCHÉE D'ANCRAGE.....	26
3.5 PRÉPARATION DE LA SURFACE D'ASSISE.....	27
4. INSTALLATION ET CONTRÔLE DE QUALITÉ DES GÉOMEMBRANES.....	29

4.1	LOCALISATION	29
4.2	IDENTIFICATION DES PANNEAUX	29
4.3	INSTALLATION DES PANNEAUX.....	29
4.3.1	Localisation.....	29
4.3.2	Vérification des conditions d'installation.....	29
4.3.3	Conditions météorologiques.....	30
4.3.4	Inspection pour les dommages.....	31
4.3.5	Écriture sur les géomembranes.....	31
4.3.6	Mesurage des géomembranes.....	31
4.4	SOUDURE.....	31
4.4.1	Plan de déploiement.....	31
4.4.2	Produits et équipements de soudure.....	34
4.4.3	Préparation pour soudure.....	35
4.4.4	Conditions météorologiques.....	36
4.5	ÉQUIPEMENT DE CONTRÔLE SUR LE SITE.....	36
4.5.1	Tensiomètre de terrain.....	36
4.5.2	Boîte à vacuum.....	36
4.5.3	Équipement de contrôle pour la pression d'air.....	37
4.6	ESSAIS DE CALIBRATION	37
4.7	DOCUMENTATION DES ESSAIS DE CALIBRATION	38
4.8	ESSAIS NON DESTRUCTIFS	38
4.8.1	Boîte à vacuum.....	39
4.8.2	Pression d'air (soudure par fusion).....	39
4.8.3	Documentation des essais non destructifs.....	40
4.9	ESSAIS DESTRUCTIFS.....	40
4.9.1	Généralités.....	40
4.9.2	Localisation et fréquence.....	41
4.9.3	Procédure d'échantillonnage.....	41
4.9.4	Dimension de l'échantillon.....	41
4.9.5	Test en laboratoire.....	42
4.9.6	Procédure lors d'échec des tests destructifs.....	43
4.10	DÉFAUTS ET RÉPARATIONS.....	43
4.10.1	Identification.....	43
4.10.2	Évaluation.....	43
4.10.3	Réparation.....	44
4.10.4	Vérification des réparations.....	44
4.11	PLAN « TEL QUE CONSTRUIT »	45
5.	INSTALLATION ET CONTRÔLE DE QUALITÉ DES GÉOTEXTILES.....	47
5.1	INSTALLATION	47
5.2	RÉPARATIONS	47
5.3	COUTURE DES GÉOTEXTILES.....	47
6.	INSTALLATION ET CONTRÔLE DE QUALITÉ DES GÉOFILETS.....	48

6.1	INSTALLATION	48
6.2	RÉPARATIONS	48
7.	INSTALLATION ET CONTRÔLE DE QUALITÉ DE LA NATTE BENTONIQUE	51
7.1	RÉCEPTION ET MANUTENTION	51
7.2	ENTREPOSAGE AU CHANTIER.....	52
7.3	ACCEPTATION DES ROULEAUX DÉFECTUEUX ENDOMMAGÉS	53
7.4	INSTALLATION	53
7.5	RÉPARATIONS	54
8.	INSTALLATION ET CONTRÔLE DE QUALITÉ DE LA GÉOGRILLE DE RENFORCEMENT (SANS OBJET)	55
8.1	LIVRAISON, ENTREPOSAGE ET MANUTENTION DES GÉOGRILLES	55
8.2	INSTALLATION	55
8.3	ASSISTANCE TECHNIQUE	56
8.4	RÉPARATIONS	56
9.	MISE EN PLACE ET CONTRÔLE DE QUALITÉ DU RECOUVREMENT GRANULAIRE (SANS OBJET)	57
9.1	INSPECTION DES GÉOSYNTHÉTIQUES	57
9.2	CERTIFICATION DU MATÉRIAU GRANULAIRE	57
9.3	ENTREPOSAGE DE LA COUCHE DRAINANTE (PIERRES NETTES) ET/OU COUCHE DE PROTECTION	58
9.4	ÉCHANTILLONNAGE	58
9.4.1	<i>Pierres nettes</i>	58
9.4.2	<i>Emprunt classe B (géogrille de renforcement seulement)</i>	58
9.4.3	<i>Perré de protection</i>	58
9.5	ESSAIS EN LABORATOIRE.....	58
9.5.1	<i>Pierres nettes</i>	58
9.6	RÉSULTATS	59
9.7	MISE EN PLACE	59
9.7.1	<i>Sur la barrière imperméable</i>	59
9.7.2	<i>Sur la géogrille</i>	59
9.7.3	<i>Documentation</i>	60
10.	ACCEPTATION DE LA BARRIÈRE IMPERMÉABLE	61
11.	DIAGRAMMES D'ASSURANCE-QUALITÉ	63
12.	LISTE DE RÉFÉRENCE	67

1. GÉNÉRALITÉS

1.1 DÉFINITION

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

.1 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.

.2 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.

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

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

Le diagramme général d'assurance-qualité est présenté à la section 10.

1.1.3 Références

Ce manuel inclut des références aux normes ASTM, aux normes du Conseil canadien des normes et aux méthodes du GRI. Le manuel est aussi basé sur certains documents techniques de US Environmental Protection Agency.

La liste complète des documents de référence est présentée à la section 12.

1.2 INTERVENANTS

1.2.1 Généralités

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

1.2.2 L'Ingénieur

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

1.2.3 L'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.

1.2.4 Manufacturier

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

1.2.5 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.

1.2.6 Transporteur

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

1.2.7 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.

1.2.8 *Laboratoire d'assurance-qualité*

Le laboratoire d'assurance-qualité pour les géosynthétiques est l'intervenant responsable des différents essais relatifs à la qualité des différents échantillons de géomembrane.

1.2.9 *Le 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.

1.2.10 *Le Gérant de projet*

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.

1.2.11 *Le Consultant en assurance-qualité*

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

1.3 VISITE ET RÉUNION

1.3.1 *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), l'Ingénieur, 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, tests, 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.

L'Ingénieur sera désigné pour prendre les minutes et fournir un procès-verbal de la réunion et le distribuer à toutes les personnes présentes.

1.3.2 Réunion de démarrage

La réunion de démarrage doit regrouper les intervenants suivants : l'Installateur, l'Ingénieur, 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.

L'Ingénieur prendra les minutes afin de fournir un procès-verbal de la réunion et le distribuer aux personnes présentes.

1.3.3 Réunion hebdomadaire

Une réunion hebdomadaire devra être tenue en la présence de l'Ingénieur, du Gérant de projets, 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 en soumettant une liste de projets réalisés. Cette liste doit inclure l'identification du projet, le nom du client, le type de géosynthétiques, l'application, la quantité approximative installée, le lieu et la date d'installation.

Les travaux de construction du système d'imperméabilisation devront être réalisés sous la surveillance d'un contremaître qui sera responsable de toutes les activités concernant la pose. Il devra avoir posé ou surveillé un minimum de 200 000 m² de géomembranes. Les soudures seront effectuées sous la surveillance et la direction d'un maître soudeur ayant un minimum de 100 000 m² de géomembranes soudées. Le contremaître et le maître soudeur peuvent être la même personne et doit être présents pendant le soudage des joints. Tous les soudeurs devront avoir réalisé des soudures pour au moins 50 000 m².

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'auto-contrôle 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 pour 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 :

- Densité: 0,940 g/cc minimum selon ASTM D792 Method A ou ASTM D1505.
- Indice de fusion « Melt index »: 0,1 à 1,0 g/10 minutes selon ASTM D1238, condition 190/2,16.

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, à moins d'indication différente dans les clauses techniques particulières. Aucun rouleau ne sera déchargé au chantier avant que le Consultant en assurance-qualité n'ait pu analyser les certificats de conformité et approuver les matériaux.

.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 2 sens : machine et travers);
2. La tension à la rupture (dans les 2 sens : machine et travers);
3. L'élongation à la limite élastique (dans les 2 sens : machine et travers);
4. L'élongation à la rupture (dans les 2 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 2 sens : machine et travers);
2. L'allongement à la rupture (dans les 2 sens : machine et travers);
3. La résistance à la déchirure (essai trapézoïdale) (dans les 2 sens : machine et travers);
4. La résistance à l'éclatement (Mullen);
5. La résistance au poinçonnement.

.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 2 sens : machine et travers);
2. La résistance en tension (dans les 2 sens : machine et travers);

3. La transmissivité;
4. La résistance en compression.

.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. La perte liquide de la bentonite;
5. Le taux d'humidité de la bentonite;
6. 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.

.5 Géogrille de renforcement

A) PROPRIÉTÉS DE BASE

1. Le contenu en noir de carbone;
2. Résistance en traction.

B) PROPRIÉTÉ COMPLÉMENTAIRE

1. Tension à 2 % de déformation;
2. Tension à 5 % de déformation;
3. Module sécant;
4. Résistance aux jonctions.

3.1.3 Fabrication

Les manufacturiers de géosynthétiques devront fournir au Gérant de projet ou au Maître de l'ouvrage 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 Propriétaire ou son Mandataire 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

Après 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 Transport

Les rouleaux de géosynthétiques doivent être emballés et transportés de façon appropriée pour éviter tout dommage. La livraison est sous la responsabilité du Manufacturier ou 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.

3.2.2 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.

3.2.3 Entreposage

L'Entrepreneur général devra prévoir, 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 géosynthétiques doivent demeurer enroulés et dans leur emballage de livraison jusqu'à leur installation. On doit s'assurer d'empiler les rouleaux en respectant les recommandations des manufacturiers. 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'Entrepreneur 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-jacentes 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 indépendant 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.

À la demande du Consultant en assurance-qualité, l'Entrepreneur devra fournir la machinerie et/ou la main-d'œuvre nécessaire au prélèvement des géosynthétiques. Avant même le début des livraisons au chantier, l'Entrepreneur devra informer le Consultant en assurance-qualité sur les caractéristiques des géosynthétiques à recevoir au chantier (#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 pour au moins chaque 10 000 m² ou un échantillon par lot. Pour les 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.

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 (géomembrane texturée seulement).

B) INDICES DE RÉSISTANCE

1. La résistance à la tension (dans les 2 sens : machine et travers);
 - À la limite élastique,
 - À la rupture.
2. L'élongation (dans les 2 sens : machine et travers);
 - À la limite élastique,
 - À la rupture.

C) ESSAIS DE PERFORMANCE

1. La résistance à la perforation.

D) ESSAIS DE DURABILITÉ

1. Le temps d'induction à l'oxydation.

Les Clauses techniques particulières peuvent exiger ces essais en tout ou en partie.

.3 Résultats

Le tableau suivant présente les exigences pour les géomembranes. Les Clauses techniques particulières peuvent avoir des exigences différentes pour certaines propriétés.

Si les résultats ne sont pas conformes et que l'on présume que cela peut être une erreur du laboratoire, on peut faire tester à nouveau soit par le même laboratoire ou soit par un laboratoire différent.

Par la suite, si les résultats ne sont pas conformes, on doit rejeter le lot au complet à moins que le Gérant de projet décide de faire tester à nouveau d'autres échantillons du même lot. Dans ce cas, on prélève un échantillon sur les rouleaux précédents et suivants le rouleau défectueux.

Si les résultats démontrent que les deux (2) rouleaux sont conformes, on accepte le lot à l'exception du rouleau défectueux.

Si le rouleau précédent passe les tests mais que le rouleau suivant le rouleau défectueux n'est pas conforme, alors on peut accepter les rouleaux précédents et l'inverse si le rouleau suivant passe mais que le rouleau précédent échoue les tests.

Seuls les rouleaux conformes et spécifiquement identifiés par le Consultant en assurance-qualité pourront être déployés.

GÉOMEMBRANE						
PROPRIÉTÉ	NORME	UNITÉS	Exigences		REMARQUES	
			PEHD lisse	PEHD texturé		
IDENTIFICATION	Épaisseur nominale	ASTM D5199	mm	1,5	-	
		ASTM D5994	mm	-	1,5	
	Épaisseur minimale	_____	mm	1,37	1,37	
	Hauteur des aspérités	GRI GM12	mm	-	0,25	
	Densité	D792 Method A	g/cm ³	≥ 0,94	≥ 0,94	
	Contenu en noir de carbone	D4218	%	2 à 3	2 à 3	
	Dispersion du noir de carbone	ASTM D5596	catégorie	1,2 ou 3	1,2 ou 3	Sur 10 vues, 9 dans les catégories 1 ou 2 et 1 dans la catégorie 3
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	D6693	kN/m	40	16	
	Élongation à la limite élastique	ASTM D6693	%	12	12	
	Élongation à la rupture	D6693	%	700	100	
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	Résistance au cisaillement	ASTM D6392	kN/m lb/po	22,0 126	21,0 120	La rupture ne doit pas survenir au niveau de la soudure.
	Élongation à la rupture	ASTM D6392	%	50	50	
	Pelage :					
	Soudure par fusion	ASTM D6392	kN/m lb/po	15,7 90	15,4 88	
	Soudure par extrusion Séparation de la soudure	D6392	kN/m lb/po %	14,3 82 25	14,3 82 25	
NOTE : Sauf indication contraire, les valeurs correspondent aux valeurs minimales acceptables						

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

5. La tension à la rupture (dans les 2 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.

Les Clauses techniques particulières peuvent exiger ces essais en tout ou en partie.

.3 Résultats

Le tableau suivant présente les exigences pour les géotextiles.

Le type 1 et type 4 possèdent les caractéristiques pour la protection des géomembranes et la résistance à la tension de la couche de géosynthétiques. Les types 2 et type 5 sont utilisés comme séparateur et filtre pour la pierre nette autour des drains lorsque la couche drainante est constituée de sable. Le type 3 est un séparateur pour diverses applications. Les Clauses techniques particulières peuvent modifier ces définitions ou ajouter d'autres types pour les besoins spécifiques.

Si les résultats ne sont pas conformes et que l'on présume que cela peut-être une erreur du laboratoire, on peut faire tester à nouveau par le même laboratoire ou par un différent.

Par la suite, si les résultats ne sont pas conformes, on doit rejeter le lot au complet à moins que le Gérant de projet décide d'isoler le (ou les) rouleau(x) défectueux selon la méthode décrite pour les géomembranes à l'article 3.3.1.3.

GÉOTEXTILES									
PROPRIÉTÉ		NORME	UNITÉS	EXIGENCES					REMARQUES
				Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	
IDENTIFICATION	Épaisseur minimale	CAN 148.1 N° 3	mm	3,5	2,6	1,1	5,8	---	
	Masse par unité de surface	CAN 148.1 N° 2	g/m ²	Tel qu'il est spécifié dans les clauses techniques particulières					
	Ouverture de filtration (F.O.S.)	CAN 148.1 N° 10	microns	40-80	450-900	75-115	40-70	160-170	
INDICES DE RÉSISTANCE	Tension à la rupture (essai d'arrachement)	CAN 148.1 N° 7.3	N						Vérifie la résistance du géotextile pour son utilisation spécifique
	- moyenne - minimale			1 650 1 450	--- 120	575 530	2 850 2 500	120	
	Allongement à la rupture	CAN 148.1 N° 7.3	%	70-110	n.d.	45-105	65-105	n.d.	
PERFORMANCE	Résistance à la perforation (poinçonnement)	ASTM D4833 CAN 4.2 no 11.2	N N	1000 ---	--- 200	n.d. n.d.	n.d. n.d.	n.d. n.d.	Simule le comportement du géotextile contre la perforation des pierres ou débris lorsqu'il est soumis à une charge
	Résistance à l'éclatement (Mullen)	CAN 4.2 N° 11.1	kPa						Simule le comportement du géotextile séparant une pierre nette d'un autre granulaire et soumis à la circulation de véhicules
	- moyenne - minimale			3 900 3 500	1 100 700	1 850 1 550	--- 6 895	500	
	Déchirure amorcée (Méthode trapézoïdale)	CAN 4.2 no 12.2	N						
	- moyenne - minimale			---	---	275 235	1 300 1 050	---	---
HYDRAULIQUE	Perméabilité	CAN 148.1, N° 4	cm/sec	0,25	1,0	0,18	0,13	0,4	
	Permittivité	ASTM D4491	s ⁻¹	n.d.	11,5	n.d.	n.d.	n.d.	Vérifie la capacité de filtration du géotextile

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 2 sens : machine et travers);
2. La résistance en compression.

C) PROPRIÉTÉ HYDRAULIQUE

1. La transmissivité.

.3 Résultats

Le tableau suivant présente les résultats pour le géofilet.

Si les résultats ne sont pas conformes et que l'on présume que cela peut-être une erreur de laboratoire, on peut faire tester à nouveau par le même laboratoire ou par un différent.

Par la suite, si les résultats ne sont pas conformes, on doit rejeter le lot au complet, à moins que le Gérant de projet décide d'isoler le (ou les) rouleau(x) défectueux selon la méthode décrite pour les géomembranes à l'article 3.3.1.3.

GÉOFILET					
PROPRIÉTÉ		NORME	UNITÉS	EXIGENCES	REMARQUES
IDENTIFICATION	Densité du polymère ou poids volumique	ASTM D792 Méthod 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 tension (bande large)	ASTM D4595	kN/m	7,35	
	Résistance en compression	ASTM D6364	kPa	_____	Vérifie la capacité du géofilet à conserver ses propriétés de drainage sous une charge
HYDRAULIQUE	Transmissivité à la contrainte de service (gradient 0,25 à 479 kPa)	ASTM D4716	m ² /s	2 x 10 ⁻³	

Les Clauses techniques particulières peuvent avoir des exigences différentes pour certaines propriétés.

3.3.4 *Natte bentonitique*

.1 Échantillonnage

Après avoir enlever la natte bentonitique sur le premier tour du rouleau, l'échantillon sera prélevé sur une longueur de 0,9 m et sur toute la largeur du rouleau..

.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. La perméabilité.

3 Résultats

Si les résultats ne sont pas conformes et que l'on présume que cela peut être une erreur de laboratoire, on peut faire tester à nouveau par le même laboratoire ou par un différent.

Par la suite, si les résultats ne sont pas conformes, on doit rejeter le lot au complet, à moins que le Gérant de projet décide d'isoler le (ou les) rouleau(x) défectueux selon la méthode décrite pour les géomembranes à l'article 3.3.1.3.

Si seule la résistance à la délamination ne rencontre pas l'exigence, un nouvel échantillon de 0,30 mètre de longueur sera prélevé sur le rouleau concerné et transmis au laboratoire pour une seconde expertise avant de décider de rejeter le rouleau.

NATTE BENTONITIQUE					
PROPRIÉTÉ		NORME	UNITÉS	EXIGENCES (VALEUR MINIMALE MOYENNE)	REMARQUES
IDENTIFICATION	Masse surfacique de la couche inférieure	ASTM D5261	g/m ²	105 MARV (tissé) ou 200 MARV (non-tissé)	géotextile en fibre de polypropylène
	Masse surfacique de la couche supérieure		g/m ²	200 MARV	géotextile non tissé en fibre de polypropylène
	Masse surfacique de la couche intermédiaire	ASTM D5993	g/m ²	4 340 MARV	bentonite de sodium en poudre ou en granule
	Conflément de la bentonite	ASTM D5890	ml/2g	24	minimum
	Volume de filtrat	ASTM D5891	ml	18	maximum
PERFORMANCE	Résistance à la tension	ASTM D4632 mod.	N	422 MARV ou 667 MARV	667N si les deux géotextiles ont 200 g/m ²
	Résistance à la délamination (pelage)	ASTM D4632 mod.	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	Perméabilité	ASTM D5887	cm/s	5 x 10 ⁻⁹	maximale

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

Si les résultats ne sont pas conformes et que l'on présume que cela peut être une erreur de laboratoire, on peut faire tester à nouveau par le même laboratoire ou par un différent.

Par la suite, si les résultats ne sont pas conformes, on doit rejeter le lot au complet, à moins que le Gérant de projet décide d'isoler le (ou les) rouleau(x) défectueux selon la méthode décrite pour les géomembranes à l'article 3.3.1.3.

GÉOGRILLE				
Propriété	Norme	Unité	Exigence (valeur minimum moyenne)	Remarque
Résistance en tension à 5 % déformation	GRI-GG1 - 87	kN/m	58	
Résistance en tension à l'ultime	GRI-GG1 - 87	kN/m	144	
Résistance aux jonctions	GRI-GG2 - 87	kN/m	135	

3.4 TRANCHÉE D'ANCRAGE

La tranchée d'ancrage doit être excavée par l'Entrepreneur 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.

On devra 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 inférieure aux dimensions minimales prescrites, l'Entrepreneur 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, roches de plus de 50 mm ou plus de diamètre ou autres débris qui risquent d'endommager les géosynthétiques;
- 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 l'Ingénieur 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 projets.

4. INSTALLATION ET CONTRÔLE DE QUALITÉ DES GÉOMEMBRANES

4.1 LOCALISATION

La mise en place des panneaux doit, dans la mesure du possible, respecter le plan de déploiement soumis par l'Installateur, sinon les modifications devront être détaillées et présentées au Gérant de projet pour approbation 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. On ne doit pas utiliser la numérotation des rouleaux, trop lourde, mais plutôt une numérotation 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

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). On peut laisser un certain jeu 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 soit établie afin d'éviter le survirage des équipements de déploiement et par conséquent éviter les dommages aux couches sous-jacentes (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 et 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

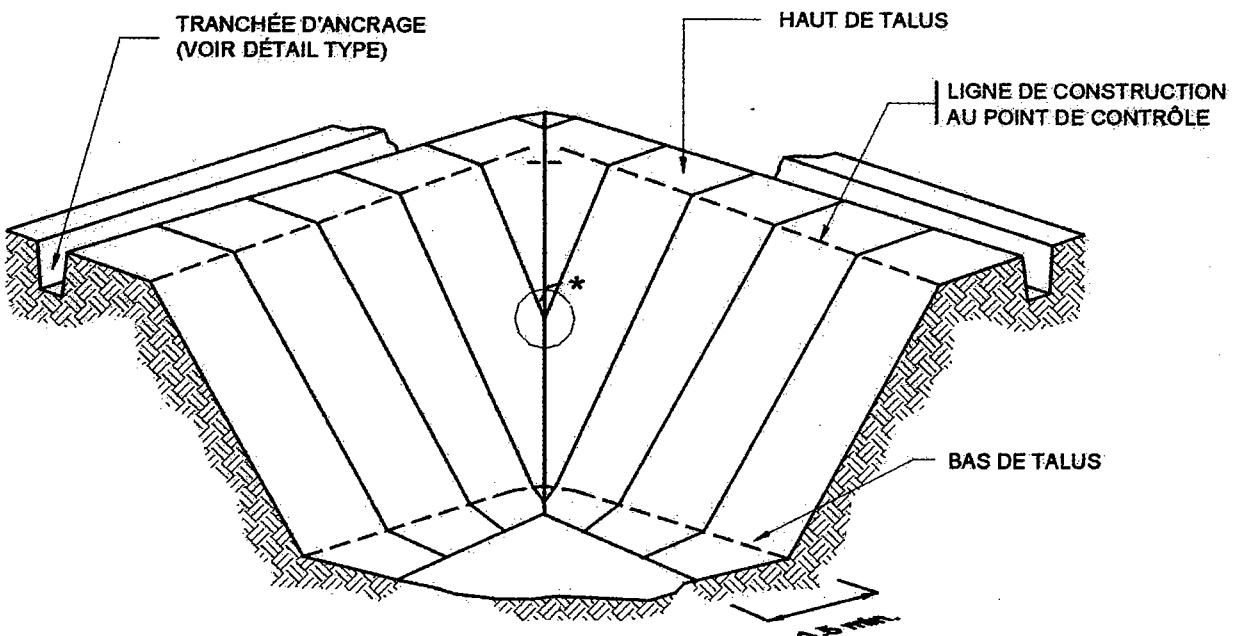
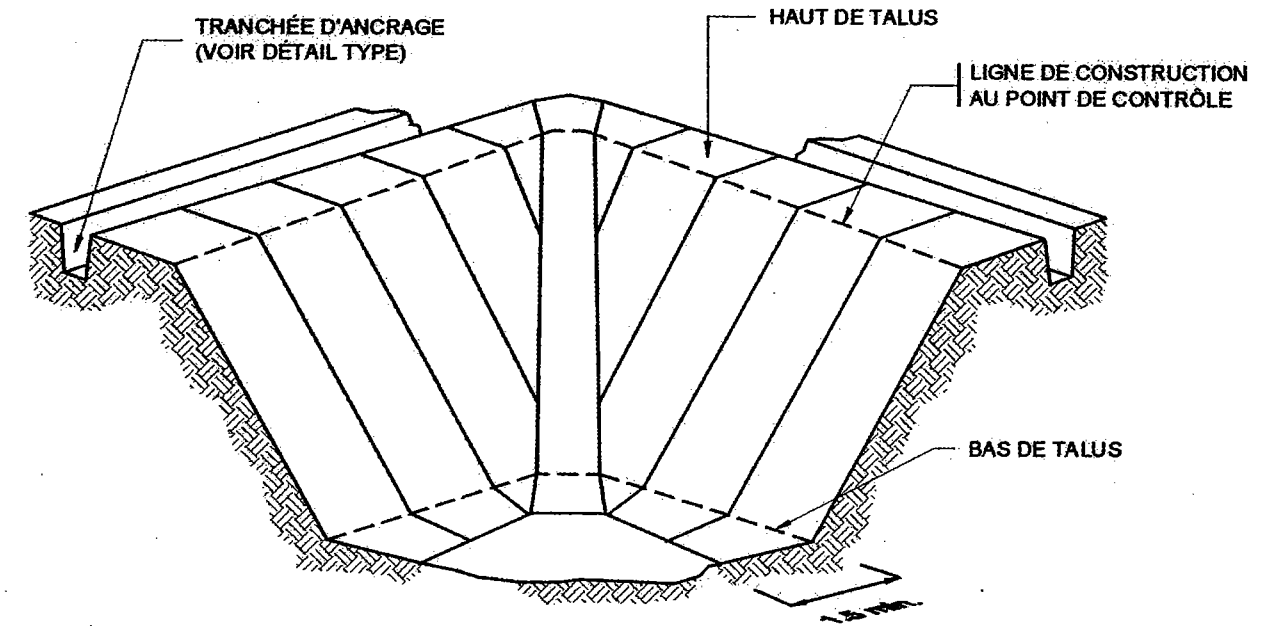
4.4.1 *Plan de déploiement*

Avant le début des travaux, l'Installateur doit fournir un plan de déploiement 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. 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 1).

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 1 – 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 (hot wedge) de préférence ou par extrusion. Les procédés alternatifs doivent être documentés et soumis à l'Ingénieur 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 on procédera à une soudure par extrusion doivent être sablées pas plus d'une heure avant la soudure;
- f) Les appareils à souder ne sont pas déposés directement sur les géomembranes;
- g) Les géomembranes sont protégées adéquatement dans les zones de circulation intense;
- h) La surface qui est sablée ne doit pas dépasser de plus de 7 mm de part et d'autre du cordon de soudure par extrusion;

- i) Les panneaux sont placés de manière à avoir un chevauchement minimum de 75 mm (soudure par extrusion) et 125 mm (soudure par fusion). En tout temps, le chevauchement doit être suffisant pour permettre le test de décollement;
- j) Aucun solvant ou adhésif ne doit être utilisé sans la permission écrite du Gérant de projet;
- k) Maintenir un nombre approprié d'appareils à souder tel qu'il est convenu lors de la réunion de démarrage;
- l) Pour les soudures en croix, les bords sont meulés en biseau et les soudures seront effectuées par extrusion;
- m) Une membrane de protection sera déployée sous les joints pour prévenir l'adhésion de débris pouvant nuire au procédé de soudure par fusion;
- n) Les replis devront être coupés à leur base pour permettre un chevauchement plat adéquat pour la soudure. Si le chevauchement est incorrect, alors les replis devront être réparés avec une pièce dépassant de 150 mm dans toutes les directions l'endroit à réparer;
- o) Toute coupure, perforation ayant une longueur ou diamètre supérieur à 12 mm devra être réparée à l'aide d'une pièce de 300 mm minimum;
- p) Tout déplacement, réglage ou réparation des appareils à souder ne devra pas être fait directement sur les géomembranes afin d'éviter de les endommager.

4.4.3 Préparation pour soudure

L'Installateur doit s'assurer que les surfaces à souder seront propres et sans humidité, poussières, saletés, débris ou matériel de toutes sortes. Si un meulage est requis, le Consultant en assurance-qualité doit s'assurer que le procédé est conforme aux normes du fabricant et que celui-ci est effectué dans l'heure précédant le soudage tel que mentionné précédemment, l'Entrepreneur devra prévoir l'utilisation de détergeant de type «Lave glace» pour les soudures à réaliser en présence de poussière ou durant la pose du second niveau d'imperméabilisation.

Les géomembranes doivent être positionnées de façon à ce que le chevauchement soit entre 75 et 125 mm environ. Les soudures devront être alignées le plus possible, et ce, en minimisant la formation de replis et de « fishmouths ».

Les coupes et les préparations de formes spéciales doivent être réalisées au moins 15 mètres devant les opérations de soudure pour éviter les interruptions.

Dans le cas d'une réparation à l'aide d'une pièce, l'Entrepreneur 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 (2) 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 deux (2) à trois (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 vingt (20) et trente (30) psi.
- b) Un manomètre capable de lire jusqu'à trente (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 le test de cisaillement et le test de décollement et ne pas céder au niveau de la soudure. Si l'échantillon échoue le test, on reprend l'opération pour un second joint d'essai.

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 à l'Ingénieur :

- 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.

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 tests 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 tests 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 à l'Ingénieur pour approbation avant le début des essais.

4.8.1 Boîte à vacuum

Cent pour cent (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'Entrepreneur 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 (2) 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. L'Inspecteur 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 à l'Ingénieur.

- 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 tests 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 test 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 de tests en se basant sur les résultats déjà obtenus.

Un plus grand nombre de tests peut être nécessaires lorsque le Gérant de projet ou 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 le Consultant en assurance-qualité 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 quatre (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 à l'Ingénieur :

- 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 :

1. 0,3 m x 0,3 m que garde l'Installateur;
2. 0,3 m x 0,6 m envoyé au laboratoire;
3. 0,3 m x 0,3 m que garde le Gérant de projet aux archives.

4.9.5 *Test en laboratoire*

Les échantillons pour tests 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.

.1 Critères

Les tests destructifs font appel à deux (2) tests précis : le test de cisaillement et le test de décollement.

Le test 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.

Le test 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 tests 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 (2) sont conformes, on prend un échantillon complet pour le laboratoire. Si les essais au laboratoire sont conformes on répare entre les deux (2) points, sinon on continue le processus pour définir la zone où la soudure devrait être réparée.

Une soudure acceptable est une soudure qui est délimitée, à chaque extrémité, par un endroit où les échantillons ont passé les tests 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 test 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 (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 à l'Ingénieur :

- 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 INSTALLATION

Les géotextiles doivent être manipulés de manière à s'assurer qu'ils ne subissent aucun dommage.

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'Entrepreneur 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.

5.2 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 dépasser la déféctuosité de 300 mm dans toutes les directions et devra être cousue, si demandé par le Consultant en assurance-qualité.

5.3 COUTURE DES GÉOTEXTILES

Lorsque les géotextiles doivent être cousus (exigences des Clauses techniques particulières ou réparation), 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.

6. INSTALLATION ET CONTRÔLE DE QUALITÉ DES GÉOFILETS

6.1 INSTALLATION

Les géofilets doivent être manipulés de manière à s'assurer qu'ils ne subissent aucun dommage. On devra 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.

6.2 RÉPARATIONS

Si les géofilets se trouvaient endommagés avant ou pendant leur installation, ils devront être réparés avec une pièce du même géofilet. La pièce devra dépasser la déféctuosité de 300 mm dans toutes les directions et être attachée avec un minimum de quatre (4) attaches de plastique.

Si le Consultant en assurance-qualité estime que le géofilet aurait pu être déplacé lors du déploiement de la couche sus-jacente, l'Entrepreneur 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 Entreposer 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 toile

imperméable. Toutefois, 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) rouleau(x) devra(ont) être rejeté(s).

7.4 INSTALLATION

La surface d'appui doit être propre et exempte d'aspérités. L'équipement de mise en place ne doit en aucun cas endommager la surface de l'assise. L'Installation ne doit pas créer des dépressions de la surface d'appui granulaire supérieure à 25 mm. L'Installateur doit s'assurer qu'aucune roche ou autres débris ne soient emprisonnés sous la natte.

L'Installateur doit faire connaître sa méthode de déploiement avant de l'utiliser. Sa procédure pourra être discutée lors de la réunion de pré-construction.

L'Installateur doit respecter les points suivants avant et pendant le déploiement des rouleaux :

- a) Tous les chevauchements dans les pentes doivent être orientés parallèlement au pendage des pentes maximales;
- b) L'alignement des rouleaux doit permettre un chevauchement minimal de 150 mm longitudinal et 300 mm transversal (bout à bout);
- c) La natte bentonitique doit être coupée avec des instruments appropriés (tels que couteaux à tapis);
- d) La natte bentonitique doit être gardée aussi propre que possible et protégée d'une exposition à l'eau jusqu'au moment du recouvrement par la géomembrane en PEHD.

Les joints doivent être réalisés avec de la bentonite sèche ou selon les spécifications du fabricant pour le produit concerné. Si de la bentonite sèche est ajoutée au joint, on doit prendre toutes les précautions pour ne pas introduire de bentonite dans les réseaux de collecte. La bentonite sèche doit être mise en place à l'aide

d'équipements appropriés afin de réduire la migration de la bentonite dans l'air ou sur l'assise.

7.5 RÉPARATIONS

Tous les trous et déchirures dans les nattes bentonitiques devront être réparés avec une pièce de la même natte. La pièce devra dépasser la défectuosité de 300 mm dans toutes les directions.

Toute superficie hydratée avant le recouvrement de la natte bentonitique doit être remplacée.

8. INSTALLATION ET CONTRÔLE DE QUALITÉ DE LA GÉOGRILLE DE RENFORCEMENT (SANS OBJET)

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 l'Ingénieur.

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 min. de large x 5 mm min. 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'Entrepreneur responsable de l'installation de la géogrille.

Le représentant doit revenir pour rencontrer l'Entrepreneur 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. MISE EN PLACE ET CONTRÔLE DE QUALITÉ DU RECOUVREMENT GRANULAIRE (SANS OBJET)

9.1 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.

9.2 CERTIFICATION DU MATÉRIAU GRANULAIRE

Les types de matériaux granulaires et leur épaisseur doivent être conformes aux prescriptions des Clauses techniques particulières. L'Entrepreneur 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;
- e) La teneur en particules plates;
- f) La teneur en particules allongées.

Les exigences (selon le type de matériau) sont présentées au tableau de la section 9.6.

Tout changement de zone d'approvisionnement devra faire l'objet d'une nouvelle évaluation avant l'approvisionnement.

9.3 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.

9.4 ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage et la réalisation des essais en laboratoire sont sous la responsabilité du Consultant en sols.

9.4.1 Pierres nettes

Les pierres nettes approvisionnées seront vérifiées sur un échantillon pour chaque 5 000 m³ de matériau entreposé.

9.4.2 Emprunt classe B (géogrille de renforcement seulement)

Voir clauses techniques particulières.

9.4.3 Perré de protection

Voir clauses techniques particulières.

9.5 ESSAIS EN LABORATOIRE

Les résultats seront transmis au Consultant en assurance-qualité pour 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.

9.5.1 Pierres nettes

- a) Une analyse granulométrique;
- b) La perméabilité;
- c) Le pourcentage de matières organiques ;
- d) Le pourcentage de carbonates.

9.6 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).

9.7 MISE EN PLACE

9.7.1 *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.

9.7.2 *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 buteur 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.

9.7.3 Documentation

L'information suivante doit être documentée dans un rapport de mise en place et soumise à l'approbation de l'Ingénieur.

- 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.

10. ACCEPTATION DE LA BARRIÈRE IMPERMÉABLE

La barrière imperméable sera acceptée lorsque :

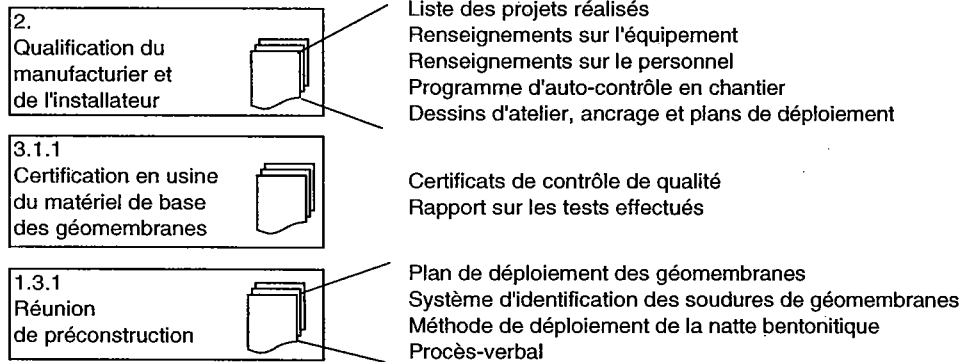
- a) Toutes les soudures et réparations sont terminées et ont passé tous les tests associés;
- b) Le recouvrement de la barrière imperméable sera complété;
- c) La documentation de l'installation est complétée incluant la garantie de fabrication des géomembranes.

Cette documentation devra être soumise sous forme de rapport final et devra contenir au moins les éléments suivants :

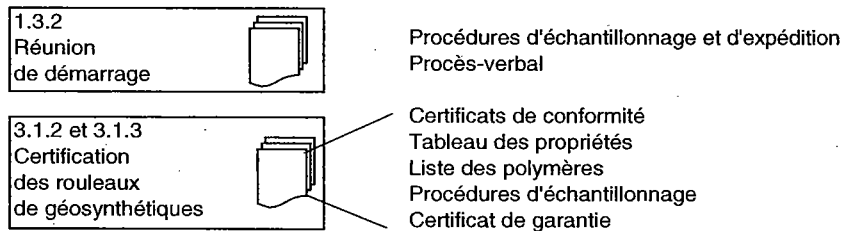
- a) Un résumé des activités de construction;
- b) Un résumé des activités de contrôle de qualité;
- c) Une certification de conformité des matériaux;
- d) Une certification de conformité des travaux;
- e) Les résultats des contrôles de qualité des manufacturiers;
- f) Les résultats des contrôles de qualité de l'installateur;
- g) Les plans « Tel que construit » de tous les géosynthétiques;
- h) La signature des responsables.

11. DIAGRAMMES D'ASSURANCE-QUALITÉ

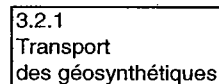
11.1 Processus général d'assurance-qualité



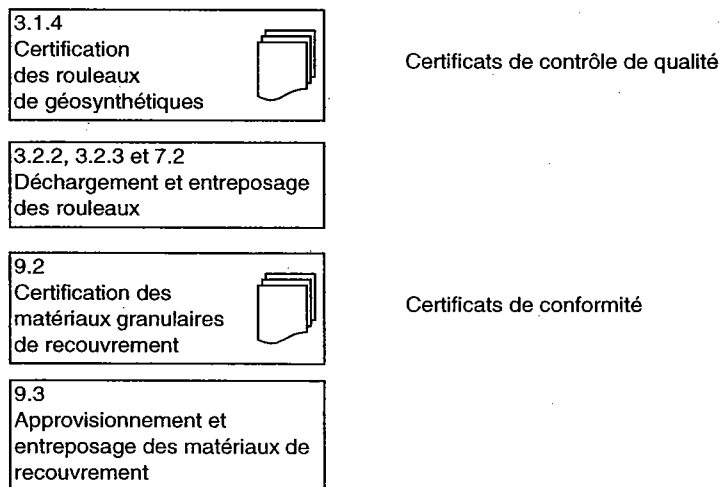
TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU LET



EXPÉDITION DES GÉOSYNTHÉTIQUES



RÉCEPTION DES GÉOSYNTHÉTIQUES 3.2.2 ET 7.1



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

9.1
Inspection et réparations
des géosynthétiques

MISE EN PLACE DU RECOUVREMENT GRANULAIRE

9.4, 9.5 et 9.6
Échantillonnage et
essais sur les
matériaux de recouvrement



Résultat des essais en laboratoire

8.7
Mise en place du
matériau de
recouvrement



Rapport de mise en place

FIN DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE LA BARRIÈRE IMPERMÉABLE

9.
Acceptation
de la barrière
imperméable



Rapport final de documentation de l'installation

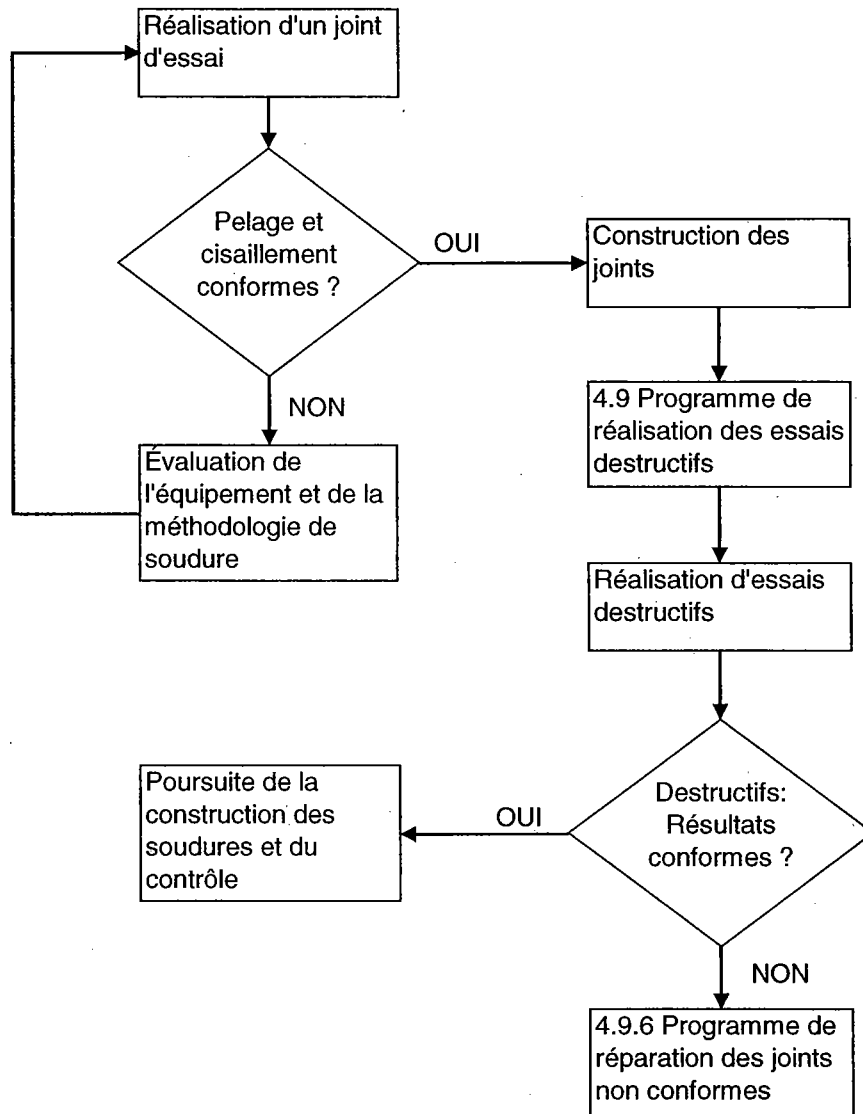
FIN DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DU LET

4.11
Plan
tel que construit
des géosynthétiques



Plan tel que construit

11.2 Processus de contrôle sur les soudures de géomembranes



12. 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 permability of Granular Soils (Constant Head)".
- ASTM D3042-03 "Standard Test Method for Insoluble Residue in Carbonate Aggregates".
- ASTM D3895-04 "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 Tecnique".

- 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 D4976-04a "Standard Specification for Polyethylene Plastics Molding and Extrusion Materials".
- ASTM D5035-95 (2003) "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 D5397-99e1 "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 D5890-02 "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 D6243-98 "Standard Test Method for Determining the Intervaland Interface Shear Resitance 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 "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/CGBS-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 GM14, Adopted March 27, 1998 "Selective Variable Intervals for taking Geomembrane Destructive Seam Samples using the Method of a Attributes.

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.