

ÉCOLOSOL INC.



RAPPORT SUR LES ESSAIS DE POINÇONNEMENT, TRACTION ET FILTRATION RÉALISÉS AUX LABORATOIRES DE SAGEOS – GROUPE CTT

STE HYACINTHE, QUÉ



Tellus Experts-Conseils Inc.

MARS 2006



LaSalle, le 29 mars 2006

Monsieur Alain Latreille
Chef de service
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Direction régionale de Lanaudière
100 boul. Industriel
Repentigny (Québec)
J6A 4X6

Objet : Demande de certificat d'autorisation pour un centre de stockage de sols à Mascouche

Monsieur,

Conformément à nos engagements dans le cadre de la demande ci-haut mentionnée, vous trouverez ci-joint le rapport rédigé par Tellus Experts-Conseils Inc. portant sur les items suivants :

- essai de poinçonnement ASTM D5514 modifié
- les essais de traction (ASTM D6693 et ASTM D4885) reliés à cet essai et réalisés sur les géomembranes
- l'essai de filtration ASTM D 5101 sur l'interface géotextile/sable du système de drainage du lixiviat

Ces essais furent réalisés par la firme Sageos à Ste Hyacinthe.

Le rapport vous est transmis en deux (2) exemplaires.



Veillez recevoir, Monsieur, nos plus cordiales salutations.

Antonino Marcovecchio, ing.

c.c. : Jean-Louis Chamard – Chamard et Associés
Pascal Masciotra, ing., M.Sc.A. – Tellus Experts-Conseils Inc.
Normand Trudel – Écolosol Inc.

p.j. – 2 copies du rapport sur les essais effectués au laboratoire Sageos



LaSalle, le 29 mars 2006

Monsieur Alain Latreille
Chef de service
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Direction régionale de Lanaudière
100 boul. Industriel
Repentigny (Québec)
J6A 4X6

Objet : Demande de certificat d'autorisation pour un centre de stockage de sols à Mascouche

Monsieur,

Conformément à nos engagements dans le cadre de la demande ci-haut mentionnée, vous trouverez ci-joint le rapport rédigé par Tellus Experts-Conseils Inc. portant sur les items suivants :

- essai de poinçonnement ASTM D5514 modifié
- les essais de traction (ASTM D6693 et ASTM D4885) reliés à cet essai et réalisés sur les géomembranes
- l'essai de filtration ASTM D 5101 sur l'interface géotextile/sable du système de drainage du lixiviat

Ces essais furent réalisés par la firme Sageos à Ste Hyacinthe.

Le rapport vous est transmis en deux (2) exemplaires.



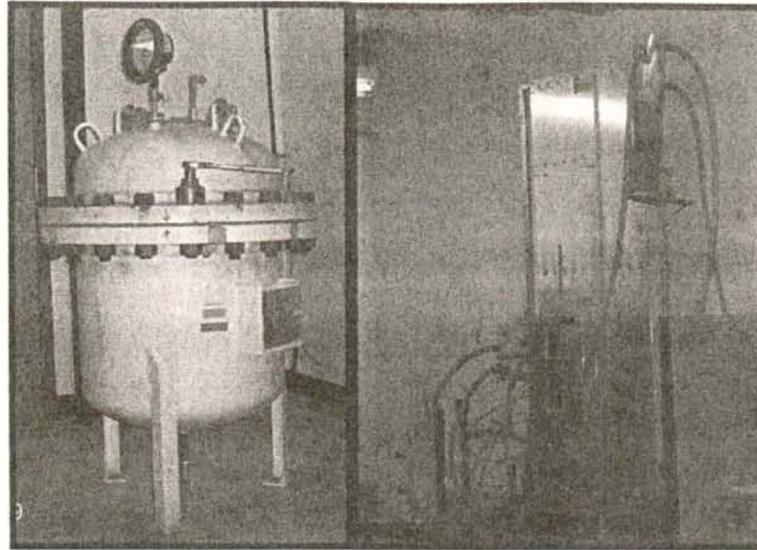
Veillez recevoir, Monsieur, nos plus cordiales salutations.

Antonino Marcovecchio, ing.

c.c. : Jean-Louis Chamard – Chamard et Associés
Pascal Masciotra, ing., M.Sc.A. – Tellus Experts-Conseils Inc.
Normand Trudel – Écolosol Inc.

p.j. – 2 copies du rapport sur les essais effectués au laboratoire Sageos

ÉCOLOSOL INC.



**RAPPORT SUR LES ESSAIS DE POINÇONNEMENT,
TRACTION ET FILTRATION RÉALISÉS AUX
LABORATOIRES DE SAGEOS – GROUPE CTT**

STE HYACINTHE, QUÉ



Tellus Experts-Conseils Inc.

MARS 2006

TABLE DES MATIÈRES

1.0	INTRODUCTION	4
1.1	ESSAIS SUR LES GÉOSYNTHÉTIQUES ET LES COUCHES DE SOLS CONSTITUANT LE FOND DE LA NOUVELLE CELLULE DE SOLS <C.....	4
1.2	ESSAI DE FILTRATION SUR LE SYSTÈME SABLE/GÉOTEXTILE AU FOND DE LA CELLULE DE SOLS <C.....	5
2.0	ESSAI DE POINÇONNEMENT ASTM D5514 MODIFIÉ.....	7
2.1	LA MÉTHODE ASTM D5514 ET L'ESSAI ASTM D5514 MODIFIÉ	8
2.2	DESCRIPTION DE L'ESSAI RÉALISÉ	11
2.2.1	Pression appliquée	11
2.3	TEMPÉRATURE DE L'ESSAI	11
2.4	DISCUSSIONS DES RÉSULTATS OBTENUS	12
3.0	ESSAIS DE TRACTION ASTM D6693-03 ET ASTM D4885-01	13
3.1	INTRODUCTION.....	13
3.2	ESSAIS DE TRACTION À BANDE MINCE ASTM D6693-03.....	13
3.3	ESSAIS DE TRACTION À BANDE LARGE ASTM 4885-01 MODIFIÉE.....	13
3.4	RÉSUMÉ DES ESSAIS DE TRACTION RÉALISÉS.....	13
3.5	DISCUSSIONS DES RÉSULTATS OBTENUS	16
4.0	ESSAI DE FILTRATION ASTM D 5101.....	16
4.1	SYSTÈME ANALYSÉ.....	16
4.2	DISCUSSION DES RÉSULTATS OBTENUS	17

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 – RÉSUMÉ DES ESSAIS EFFECTUÉS	6
TABLEAU 2 - COMPARAISON ENTRE LA MÉTHODE ASTM D5514 ET LA MÉTHODE ASTM D5514 MODIFIÉE	9
TABLEAU 3 – RÉSUMÉ DES ESSAIS DE TRACTION RÉALISÉS	14
TABLEAU 4 - COMPARAISON DES VALEURS OBTENUES AVEC CELLES DE L'ANNEXE 1 DU DEVIS <i>MATÉRIAUX GÉOSYNTHÉTIQUES</i> (SEC 2.4, VOLUME 2)	15

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Configuration étudiée pour l'essai ASTM D5514	7
Figure 2 Montage pour l'essai ASTM D5514 à 1060 kPa 10°C.....	10

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1

**STANDARD TEST METHOD FOR LARGE SCALE HYDROSTATIC
PUNCTURE TESTING OF GEOSYNTHETICS ASTM D 5514 – 94 (Reapproved
2001)**

ANNEXE 2

**RÉSULTATS DE L' ESSAI DE POINÇONNEMENT ASTM D 5514 MODIFIÉ
À 1 060 kPa, 10 °C, 100 heures**

ANNEXE 3

**RÉSULTATS DES ESSAIS DE TRACTION ASTM D6693 ET ASTM D4885
SUITE A L'ESSAI DE POINÇONNEMENT ASTM D 5514 MODIFIÉ 1 060 kPa,
10 °C, 100 heures**

ANNEXE 4

**RÉSULTATS DE L'ESSAI DE FILTRATION ASTM D5101
ET COPIE DE LA MÉTHODE ASTM D5101**

1.0 Introduction

Ce rapport présente les résultats des essais de poinçonnement et de traction réalisés sur les géomembranes et les essais de filtration sur l'interface sable/géotextile du système de drainage du fond de la cellule d'enfouissement de sols contaminés < C. ¹

1.1 Essais sur les géosynthétiques et les couches de sols constituant le fond de la nouvelle cellule de sols <C

À la demande du MDDEP, nous avons procédé à la vérification des propriétés mécaniques des géomembranes après qu'elles aient subi un essai de poinçonnement selon l'essai ASTM D 5514 modifié selon le concept du laboratoire SAGEOS. Les géomembranes sont installées dans un cylindre de métal de façon à reproduire toutes les configurations qui sont réellement proposées aux plans de conception. L'essai représente à la fois les configurations où les géomembranes sont en contact avec tous les types de matériaux naturel (sable, pierre, argile) et synthétiques (géotextile). Cet essai a été effectué avec une charge de service correspondant à la hauteur de sols contaminés <C et de recouvrement la plus élevée, majorée d'un facteur de 2.5.

Écolosol a ensuite procédé à des essais de traction sur les géomembranes vierges et sur celles ayant subi l'essai de poinçonnement ASTM D 5514 modifié afin de vérifier les propriétés élastiques (propriétés mécaniques) des géomembranes ayant subi l'essai de poinçonnement.

Les essais de traction ont été réalisés à une température reflétant les conditions réelles subies par les géosynthétiques (espace conditionné pour l'essai) et à température ambiante du laboratoire, soit 10°C et 21°C respectivement.

Un essai de poinçonnement ASTM D 5514 a été réalisé du 3 au 7 novembre 2005 à la température de 10°C.

¹ ***Essais de cisaillement sur les géomembranes et couches de sols constituant la paroi de la nouvelle cellule de sols <C***

À la demande du MDDEP, Écolosol a aussi effectué l'analyse des résultats de plusieurs essais de cisaillement direct ASTM D5321, et des propriétés de la paroi (pente, saturation, etc.) afin de vérifier la stabilité des matériaux composant les pentes de la cellule et d'assurer une intégrité à long terme des matériaux utilisés. Les résultats de ces essais ont été présentés dans la demande de CA pour le centre de stockage des sols et ont été appliqués dans la conception de la cellule. Ils ne sont pas discutés dans ce rapport.

Les essais de traction ASTM D6693 et ASTM D 4885 ont été effectués du 23 novembre au 8 décembre 2005 à une température conditionnée de 10°C et à température ambiante de 21°C.

1.2 Essai de filtration sur le système sable/géotextile au fond de la cellule de sols <C

Tel qu'indiqué dans la demande de CA du centre de stockage, volume 2, section 2-2 Devis Spécial, page 26 de 28, Écolosol a procédé à un essai de filtration sur le système suivant :

- sable de la couche drainante du SRL ou SDF/ géotextile filtrant entourant la pierre nette des drains.

L'essai ASTM D 5101 fut réalisé du 28 octobre au 4 novembre 2005.

Le **Tableau 1** ci-bas résume les essais discutés dans ce rapport

TABLEAU 1 – RÉSUMÉ DES ESSAIS EFFECTUÉS

Détails	Matériaux ou configuration
Essai de poinçonnement ASTM D 5514-94 réapprouvé 2001 -modifié	
Pression de 1060 kPa pendant 100 heures, temp 10°C	Configuration Argile 90 mm (prélevée au site de Mascouche) Géomembrane PEHD lisse 1.5 mm ép (no.1) Géotextile Texel 7634 (1000 g/m ²) Pierre nette (115 mm) Géotextile Texel 7634 (1000 g/m ²) Géomembrane PEHD lisse 1.5 mm ép (no.2) Sable 68 mm (prélevé au site de Mascouche) Géomembrane PEHD lisse 1.5 mm ép (no.3) Sable 70 mm (prélevé au site de Mascouche) Géomembrane PEHD lisse 1.5 mm ép (no.4) Argile 80 mm (prélevée au site de Mascouche)
Essais de traction ASTM D 6693	
Essais de traction sur géomembrane vierge et après essai de poinçonnement à 1060 kPa . Essais réalisés à 21°C et à 10 °C.	Géomembrane PEHD lisse 1.5 mm ép (no.1 à 4)
Essais de traction ASTM D 4885	
Essais de traction sur géomembrane vierge et après essai de poinçonnement à 1060 kPa . Essais réalisés à 21°C et à 10 °C.	Géomembrane PEHD lisse 1.5 mm ép (no.1 à 4)
Essais de colmatage ASTM D 5101	Interface sable de la couche drainage et géotextile Texel 7634 (1000 g/m ²)

2.0 Essai de poinçonnement ASTM D5514 modifié

La configuration étudiée est représentée à la **Figure 1** ci-après.

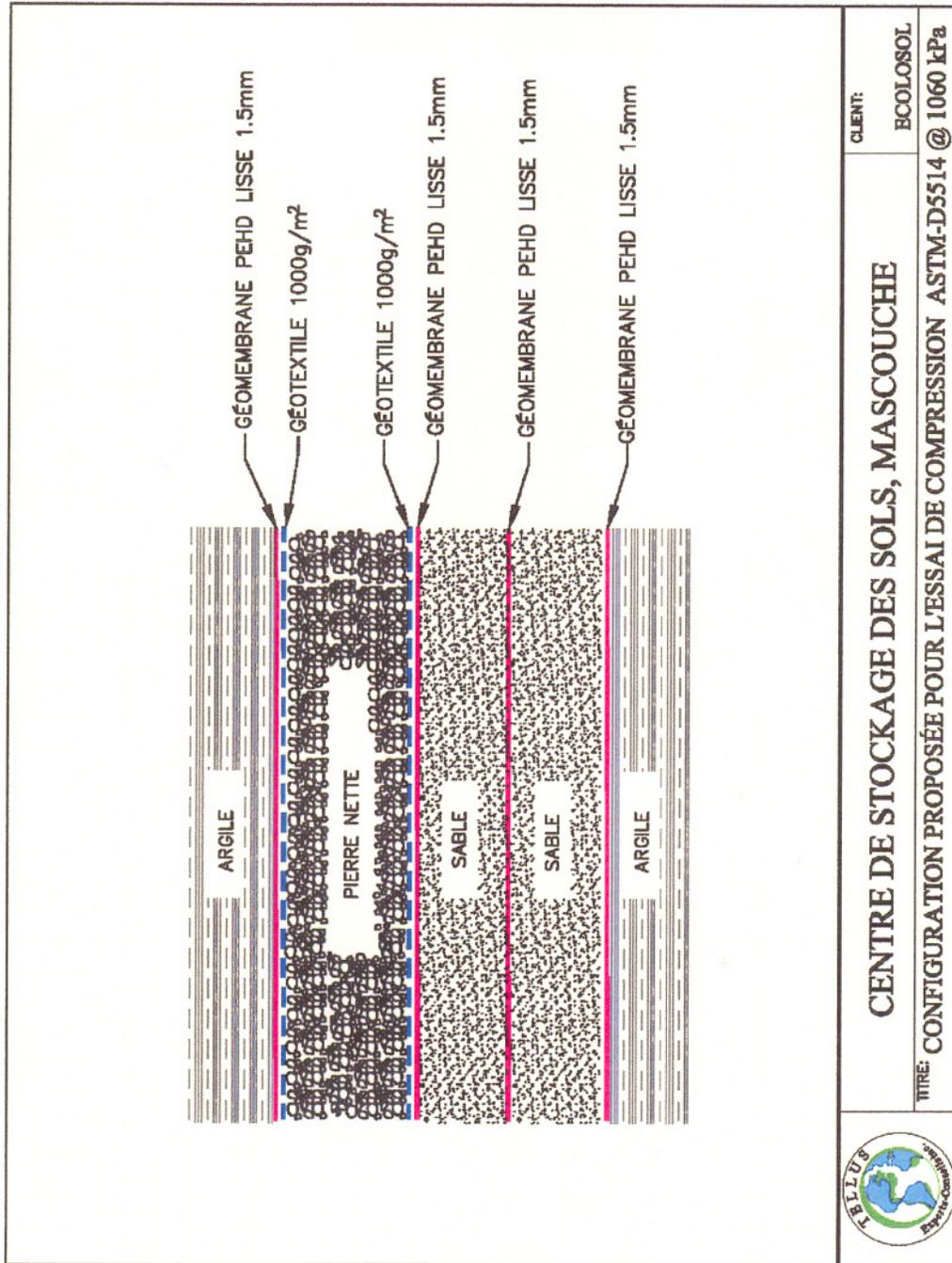


Figure 1 – Configuration étudiée pour l'essai ASTM D5514

2.1 La méthode ASTM D5514 et l'essai ASTM D5514 modifié

Afin de répondre à la demande du MDDEP, soit d'étudier la résistance au poinçonnement à long terme, le laboratoire Sageos a réalisé l'essai de poinçonnement selon une méthode qu'il a qualifiée de ASTM D5514 modifiée.

La méthode ASTM D5514 standard propose deux (2) procédures distinctes, soit :

- A) Utilisation de cones ou pyramides comme base pour l'appareillage d'essai, ou,
- B) Utilisation de sols provenant de sites spécifiques ou autres matériaux choisis par l'utilisateur. La procédure B se veut une méthode pour la conception géosynthétique pour un site donné.

La méthode utilisée par le laboratoire Sageos s'apparente plus à la procédure B.

Afin de modéliser le comportement à long terme de la géomembrane, le laboratoire Sageos, a suggéré de multiplier la pression normale exercée par le poids des sols par un facteur de 2.5 et d'appliquer cette pression durant 100 heures.

Toutefois, selon ce qu'on retrouve dans la littérature, le facteur de 2.5 peut être moindre, soit entre 1.5 et 2.0.

Il est aussi à noter que la méthode ASTM D5514 ne prévoit pas de facteur multiplicatif afin de modéliser les comportements à long terme des géosynthétiques. La méthode standard vise surtout soit à noter la pression à laquelle il y a déchirure de la géomembrane ou la pression maximale de l'appareil utilisé s'il n'y a pas de rupture. (voir description de la méthode à l'**Annexe 1**)

Sommairement les différences entre l'essai standard ASTM D5514 et celui modifié selon le laboratoire Sageos, sont présentés au **Tableau 2**.

Le montage réalisé pour l'essai à 1 060 kPa est présenté à la **Figure 2** ci- après.

TABLEAU 2 COMPARAISON ENTRE LA MÉTHODE ASTM D5514 ET LA MÉTHODE ASTM D5514 MODIFIÉE

ASTM D5514 MODIFIÉE Essai à 1 060 kPa, 10°C	ASTM D5514
Utilisation d'un espace d'air avec plaque d'acier appliquée sur couches de terre/géosynthétiques et pression appliquée avec de l'air.	Géosynthétiques recouverts d'eau, (au moins 125 mm (5 po) et pression appliquée par système d'air ou pompe hydraulique.
Application de la pression par incréments de 105 kPa (15 psi)/30 min ou 210 kPa (30 psi)/hr	Application de la pression à 7 kPa (1 psi) / 30 min ou 14 kPa (2 psi) /hr, mais la méthode laisse la possibilité d'effectuer d'autres incréments au choix des intervenants.
Utilisation d'un cylindre de 600 mm diam intérieur	Utilisation d'un cylindre de 500 mm diam intérieur minimum
Conditionnement à 10 ° C pendant 16-20 heures.	Conditionnement minimum de 40 heures pour simuler des conditions réelles
Application d'une pression de 1 060 kPa durant 100 heures	<i>Procédure A</i> : Application de la pression jusqu'à la perforation <i>Procédure B</i> : Application de la pression jusqu'à la perforation ou atteinte de la pression maximale de l'appareil. (pression maximale suggérée de 1 800 kPa)
Aucune mesure – appréciation visuelle seulement	Dans le cas de la <i>Procédure B</i> : Utilisation d'un gabarit en aluminium de 3 mm d'épaisseur composant un grillage de 50 x 50 mm pour mesurer la déformation subie. Rapports à produire : Procédure B 1. Moyenne de la profondeur initiale sur toute la surface du spécimen à tester 2. Profondeur moyenne du spécimen testé 3. La plus grande déformation notée 4. Déformation en tant que % 5. Pression et temps de la perforation.

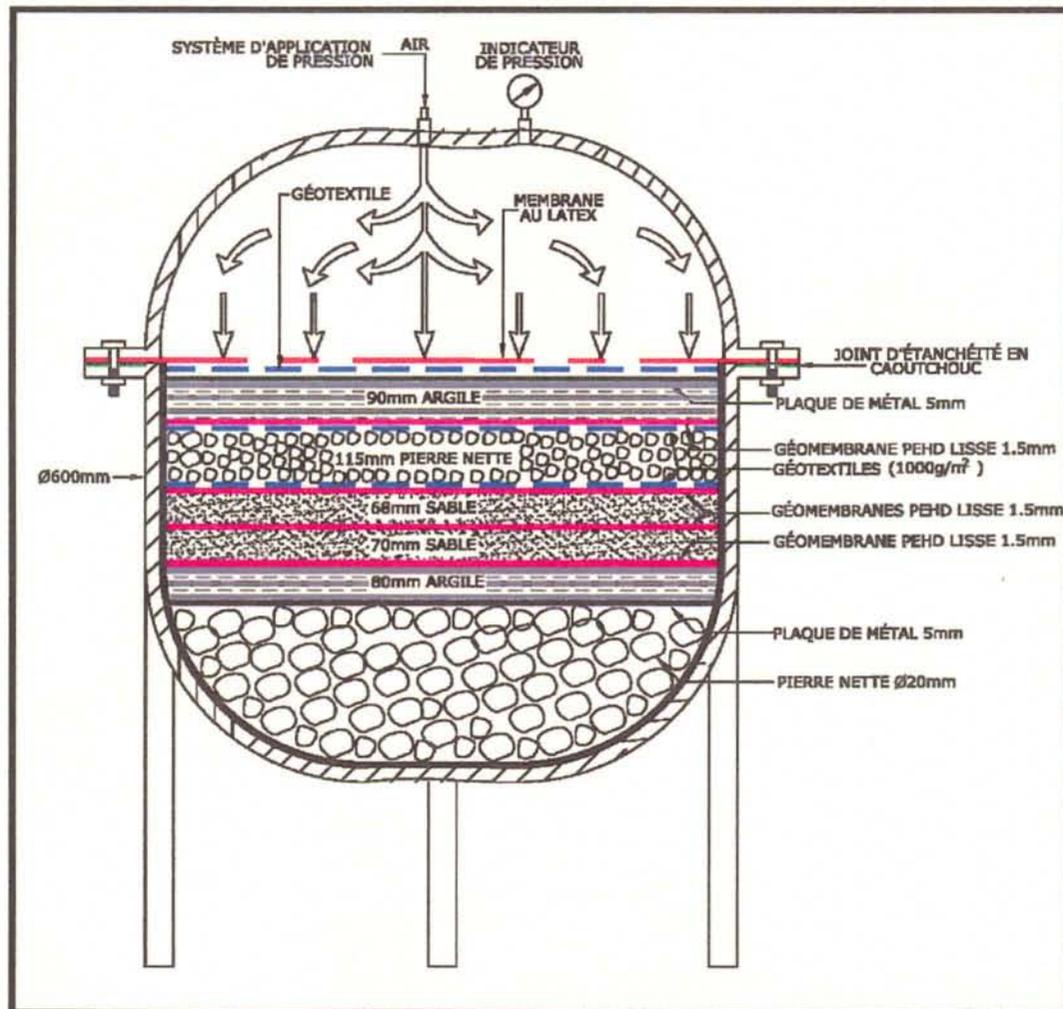


Figure 2 Montage pour l'essai ASTM D5514 à 1060 kPa 10°C

2.2 Description de l'essai réalisé

L'essai de poinçonnement fut réalisé avec la configuration de la **Figure 1** au niveau du fond et milieu de la future cellule de sols <C parce que c'est l'endroit le plus sollicité au point de vue de la pression exercée par les sols.

L'essai a été réalisé en appliquant une pression de 1 060 kPa sur une plaque en acier circulaire avec un système à l'air durant 100 heures à 10 ° C dans un cylindre de 600 mm de diamètre intérieur. Les géomembranes avant et après essai de poinçonnement furent ensuite soumises à des essais de traction. (Voir ci-bas).

Pour maintenir une température de 10 ° C pendant toute la durée de l'essai, le cylindre fut installé dans une chambre isolée refroidie à l'aide d'un compresseur et équipée d'un thermostat.

2.2.1 Pression appliquée

La pression appliquée de 1 060 kPa correspond au poids des sols prévu au niveau du milieu de la cellule une fois remplie, soit une hauteur de 24 mètres de sols, multiplié par un facteur de 2.5, tel que suggéré par le laboratoire Sageos pour modéliser le comportement à long terme de la géomembrane, soit :

d = densité assumée des sols : 1 800 kg/m³

M_u = masse des sols unitaire = d / superficie unitaire de 1m² = 1 800 kg/m

H = hauteur des sols en mètres

g = accélération gravitationnelle : 9.8 m/sec²

F = force normale ou poids = masse x g

P = pression en kPa ($P = F$ /superficie unitaire, en m²)

FM. = facteur de modélisation appliqué

$$P = 1800 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/sec}^2 / 1 \text{ m}^2 = 17\,640 \text{ Pa} / \text{mètre de hauteur de sols} \times 24 \text{ m} \\ = 423.4 \text{ kPa} \times (\text{FM.} = 2.5) = 1\,058 \text{ kPa. arrondi à } 1\,060 \text{ kPa.}$$

1 060 kPa représente en fait un poids équivalent de 60 mètres de sols.

2.3 Température de l'essai

L'essai de poinçonnement fut réalisé à une température de 10 ° C pour reproduire la température réelle à laquelle les géosynthétiques enfouis sous terre à plusieurs mètres de profondeur subissent l'effet de poinçonnement dans la cellule.

La température du sol à une profondeur de 24 mètres est beaucoup moindre qu'en surface et ne présente presque pas de variations avec les saisons. Il est donc plus réaliste de réaliser l'essai de poinçonnement à 10 ° C qu'à la température ambiante d'un laboratoire oscillant autour de 21° C.

2.4 Discussions des résultats obtenus

Tel que reporté par le laboratoire Sageos, dans son rapport d'analyse, dossier no S708-001-9410A, 24 heures après le démontage de l'essai et ce pour les quatre (4) géomembranes présentes dans la configuration à l'essai (voir **Annexe 2**):

Aucune déformation plastique.

Cet essai confirme donc qu'avec une protection adéquate par un géotextile de part et d'autre des géomembranes, et une préparation adéquate des assises, le système est intègre, et ce avec une charge de 2.5 fois la hauteur prévue de sols, soit 2.5 x 24 mètres = 60 mètres.

3.0 Essais de traction ASTM D6693-03 et ASTM D4885-01

3.1 Introduction

Même si l'essai de poinçonnement a été réalisé uniquement à 10°C, les essais de traction ont aussi été réalisés à température ambiante, soit 21 °C, afin de pouvoir comparer les résultats à des valeurs de référence provenant de fabricants ou spécifiés dans les devis de performance. (voir au Tableau 4, les résultats de l'essai ASTM D 6693 qui sont comparés aux spécifications de l'Annexe 1 du devis *MATÉRIAUX GÉOSYNTHÉTIQUES* sec 2.4, volume 2 de notre demande de CA).

3.2 Essais de traction à bande mince ASTM D6693-03

Cet essai est effectué sur des échantillons de bandes minces de géomembranes. L'essai a été réalisé sur les quatre (4) géomembranes présentes dans l'essai de poinçonnement et ce à 10°C et à 21°C. Des échantillons de géomembranes vierges ont aussi été testées aux mêmes températures. Dix (10) essais ont donc été réalisés et pour chacun un essai dans le sens machine et un autre dans le sens travers (sens des rainures apparentes de fabrication de la géomembrane).

3.3 Essais de traction à bande large ASTM 4885-01 modifiée

Cet essai est effectué sur des échantillons de bandes larges (100 mm) de géomembranes. L'essai a été réalisé sur les quatre (4) géomembranes présentes dans l'essai de poinçonnement et ce à 10°C et à 21°C. Des échantillons de géomembranes vierges ont aussi été testées aux mêmes températures. Dix (10) essais ont donc été réalisés et pour chacun un essai dans le sens machine et un autre dans le sens travers (sens des rainures apparentes de fabrication de la géomembrane)

3.4 Résumé des essais de traction réalisés

Le **Tableau 3** ci-après résume les résultats des essais de traction effectués. Les pourcentages (%) d'allongement et les forces de rupture n'ont pas été incluses puisque ces valeurs sont absentes dans les essais réalisés à 10°C et sont reportés uniquement dans les essais à 21°C.

TABLEAU 3 – RÉSUMÉ DES ESSAIS DE TRACTION RÉALISÉS

Essais ASTM D6693-03								
Géomembrane /interface	10°C				21°C			
	Sens Machine		Sens Travers		Sens Machine		Sens Travers	
	Force (kN/m)	% élongation						
Vierge	37.4	13	37.0	13	30.7	14	30.7	14
(4) argile/sable	37.3	13	37.5	12	30.4	15	30.5	15
(3) sable/sable	36.8	13	37.3	12	30.2	15	31.1	14
(2) sable/pierre	37.3	13	37.2	13	29.7	15	31	14
(1) pierre/argile	37.2	12	36.6	12	30.5	14	30.8	14

Essais ASTM D4885-01 modifiée								
Géomembrane /interface	10°C				21°C			
	Sens Machine		Sens Travers		Sens Machine		Sens Travers	
	Force (kN/m)	% élongation						
Vierge	32.2	11.3	32.3	10.3	25.6	13.5	26.1	12.1
(4) argile/sable	30.8	10.1	31.2	9.6	25.7	13.3	26.1	13.6
(3) sable/sable	30.9	10.7	32	9.9	25.9	14	26.2	13.3
(2) sable/pierre	31.9	11	31.6	9	26.0	13.7	26.3	13.6
(1) pierre/argile	32.9	12.5	31.7	9.8	25.7	13.5	25.9	12.5

NOTE : Les valeurs en italiques indiquent qu'un (1) seul échantillon a été testé. Les autres valeurs sont des moyennes de deux(2) échantillons ou plus.
 Les valeurs indiquées sont toutes au seuil d'écoulement ou limite élastique.

Le **Tableau 4** compare les résultats obtenus pour l'essai ASTM D6693-03 et les valeurs spécifiées à l'Annexe 1 (Spécifications pour Géomembrane Polyéthylène Haute Densité Lisse) de la section 2.4 *Matériaux Géosynthétiques*, volume 2 de la demande de CA. Les valeurs obtenues pour les forces au seuil d'écoulement ou limite élastique sont supérieures à celles exigées au devis.

TABLEAU 4 COMPARAISON DES VALEURS OBTENUES AVEC CELLES DE L'ANNEXE 1 DU DEVIS *MATÉRIAUX GÉOSYNTHÉTIQUES* (SEC 2.4, VOLUME 2)

Géomembrane /interface	Essais ASTM D6693-03							
	10°C				21°C			
	Sens Machine		Sens Travers		Sens Machine		Sens Travers	
Force (kN/m)	% élongation	Force (kN/m)	% élongation	Force (kN/m)	% élongation	Force (kN/m)	% élongation	
Vierge	37.4	13	37.0	13	30.7	14	30.7	14
(4) argile/sable	37.3	13	37.5	12	30.4	15	30.5	15
(3) sable/sable	36.8	13	37.3	12	30.2	15	31.1	14
(2) sable/pierre	37.3	13	37.2	13	29.7	15	31	14
(1) pierre/argile	37.2	12	36.6	12	30.5	14	30.8	14
Valeur Annexe 1 de la sec 2.4, géomemb 1.5 mm	22	12	22	12	22	12	22	12

NOTE : Les autres valeurs sont des moyennes de deux(2) échantillons ou plus.
Les valeurs indiquées sont toutes au seuil d'écoulement ou limite élastique.

3.5 Discussions des résultats obtenus

Les essais de vérification des propriétés mécaniques des géomembranes, soit les essais de traction, ont été réalisés à 10 et 21 degrés Celsius afin de pouvoir comparer les résultats obtenus à 21°C avec des valeurs connues provenant d'instituts reconnus obtenues elles aussi à température ambiante. Par contre, vu que les géomembranes travailleront réellement à 10 C, il nous faut aussi réaliser des essais à cette température.

En général les valeurs obtenues des forces au seuil d'écoulement sur les géomembranes ayant subi l'essai de poinçonnement demeurent sensiblement les mêmes que celles des géomembranes vierges. Certains résultats indiquent des valeurs sensiblement plus élevées après le poinçonnement et d'autres légèrement inférieures. Mais on ne peut que conclure que la propriété élastique des géomembranes n'a pas été altérée.

4.0 Essai de filtration ASTM D 5101

4.1 Système analysé

Tel qu'indiqué dans la demande de CA, volume 2, devis spécial, article 9.0 ,

À la demande du MENV, l'essai ASTM D5101 Standard Test Method for Measuring the Soil-Geotextile System Clogging Potential by the Gradient Ratio. sera réalisé sur les systèmes suivants :

- *sable de la couche drainante du SRL ou SDF / géotextile filtrant entourant pierre nette des drains (même système pour les deux (2))
définir SRL et SDF*
- *lors du recouvrement final, terre végétale / géotextile filtrant*

Le premier essai a été réalisé sur le système :

- *sable de la couche drainante du SRL ou SDF / géotextile filtrant entourant pierre nette des drains (même système pour les deux (2))*

L'autre essai sera réalisé lors de la fermeture de la cellule, lorsque les sources de matériaux auront été sélectionnés.

4.2 Discussion des résultats obtenus

L'essai ASTM D5101 a été réalisé du 28 octobre au 4 novembre 2005.

Les résultats de l'essai sont présentés à l'Annexe 4, ainsi qu'une copie de la méthode ASTM D5101 et une granulométrie du sable utilisé lors de l'essai.

Tel qu'indiqué par le laboratoire Sageos, la tendance observée est un gradient ratio élevé, qui est justifié par la perméabilité du géotextile, qui est du même ordre de grandeur que celle du sol. La perte de charge au travers du filtre fut perceptible, ce qui n'est pas le cas lorsque le sol est moins perméable que le filtre.

Cependant, en augmentant le gradient hydraulique total, il fut constaté par le laboratoire Sageos, que le gradient ratio diminue pour se rapprocher des valeurs habituellement considérées comme acceptables, ce qui laisse penser que le système n'a pas tendance à se colmater. Par conséquent, selon le laboratoire Sageos, le comportement observé avec le géotextile (Texel 7634 de 1000 g/m²) peut être considéré comme acceptable du point de vue de la filtration des particules de sol.

Tel qu'indiqué dans la description de la méthode ASTM D5101, à la section A.1 *INTERPRETATION OF RESULTS*, p. 8 article A1.1, (Voir Annexe 4), :

...L'aspect important des valeurs obtenues du gradient ratio durant l'essai n'est pas nécessairement le chiffre lui-même, mais de déterminer si un écoulement positif et une perméabilité sont maintenus et qu'il y a établissement d'un équilibre ou stabilisation du système.

Ceci fut constaté lors de l'essai réalisé.

Aussi, tel qu'indiqué dans la méthode, à la section A1.2,

un gradient ratio, inférieur à 1 est préférable. Une valeur inférieure à 1 est une indication que quelques particules de sol ont traversé le système et qu'un pont filtrant s'est établi dans le sol adjacent au géotextile. Une décroissance dans le gradient ratio indique qu'il y a infiltration ou écoulement (piping dans le texte) et peut exiger une évaluation quantitative pour déterminer l'efficacité du filtre. Des gradient ratio supérieurs à 1 peuvent signifier qu'un certain colmatage du système et une restriction dans l'écoulement se sont produits, mais si l'équilibre du système est présent, l'écoulement résultant peut satisfaire les prescriptions du design.

Selon le laboratoire Sageos aucun colmatage ne fut observé, on ne peut que conclure à un équilibre du système.

ANNEXE 1

**STANDARD TEST METHOD FOR LARGE SCALE HYDROSTATIC
PUNCTURE TESTING OF GEOSYNTHETICS
ASTM D 5514 – 94 (Reapproved 2001)**



Standard Test Method for Large Scale Hydrostatic Puncture Testing of Geosynthetics¹

This standard is issued under the fixed designation D 5514; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method evaluates the stress/time properties of geosynthetics by using hydrostatic pressure to compress the geosynthetic over synthetic or natural test bases consisting of manufactured test pyramids/cones, rocks, soil or voids.

1.2 This test method allows the user to determine the relative failure mode, points of failure for geosynthetics, or both.

1.3 This test method offers two distinct procedures.

1.3.1 Procedure A incorporates manufactured test pyramids or cones as the base of the testing apparatus. Procedure A is intended to create comparable data between laboratories, and can be used as a guide for routine acceptance test for various materials.

1.3.2 Procedure B incorporates site specific soil or other material selected by the user as the test base of the testing apparatus. Procedure B is a method for geosynthetic design for a specific site.

1.4 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are provided for information only.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- D 136 Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates²
- D 751 Test Method for Coated Fabrics³
- D 4439 Terminology for Geosynthetics⁴
- D 4885 Test Method for Determining Performance Strength of Geomembranes by Wide Strip Tensile Method⁴
- D 5199 Test Method for Measuring Nominal Thickness of Geosynthetics⁴

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D35 on Geosynthetics and is the direct responsibility of Subcommittee D35.10 on Geomembranes.

Current edition approved Feb. 15, 1994. Published April 1994.

² Discontinued—Replaced by C117.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 09.02.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.09.

E 11 Specification for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes⁵

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 *atmosphere for testing geomembranes, n*—air maintained at a relative humidity of 50 to 70 % and a temperature of $21 \pm 2^\circ\text{C}$ ($70 \pm 4^\circ\text{F}$).

3.1.2 *critical height (ch), n*—the maximum exposed height of a cone or pyramid that will not cause a puncture failure of a geosynthetic at a specified hydrostatic pressure for a given period of time.

3.1.3 *failure, n*—in testing geosynthetics, water or air pressure in the test vessel at failure of the geosynthetic.

3.1.4 *hydrostatic pressure, n*—a state of stress in which all the principal stresses are equal (and there is no shear stress), as in a liquid at rest; induced artificially by means of a gaged pressure system; the product of the unit weight of the liquid and the difference in elevation between the given point and the free water elevation.

4. Significance and Use

4.1 Procedure A:

This procedure is an index type test which can be used as a guide for acceptance of commercial shipments of geosynthetics. The standard cone and pyramid test fixtures can establish critical height (ch) consistency with similar material from previous lots or different suppliers, as well as testing from other laboratories. However, due to the time required to perform tests, it is generally not recommended for routine acceptance testing.

4.2 Procedure B:

This procedure is a performance test intended as a design aid used to simulate the in-situ behavior of geosynthetics under hydrostatic compression. This test method may assist a design engineer in comparing the ability of several candidate geosynthetic materials to conform to a site specific subgrade under specified use and conditions.

5. Apparatus

5.1 For safe operation, the test vessel should have an appropriate ASME pressure rating. The maximum pressure

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

rating of the vessel is dependent on the material being tested and expected pressures to be encountered. Pressure can be achieved from a regulated air system or a hydraulic pump.

5.2 *Subgrade Pan*, several removable pans for configuring various subgrades. Subgrade pans are to be built, with a depth of 102 mm (4 in.), and with drain holes in the bottom of the pan to allow the pressurizing medium to flow through. The subgrade pan shall be constructed of a suitable material to support a load of 1800 kPa (250 psi).

5.3 *Leak Detection System*, can be designed by using displacement floats, moisture sensor, pressure sensors, a sight glass, or other means that will accurately detect failure.

5.4 *Layout Grid*, for procedure B, the layout grid is to assist in determining deformation of the tested geosynthetic. The grid is placed flat against the test specimen that has been placed ready for testing. Depth readings will be taken in a prearranged pattern over the entire area of the test specimen. The prearranged area that the geosynthetic displacement depth is checked must remain consistent throughout the complete testing. The depth is taken from the top of the grid to the surface of the test specimen. The layout grid is to be made of 3 mm (0.12 inch) aluminum rod with a grid layout of 50 × 50 mm (2 × 2 in.).

5.5 *Test Pyramids*, the pyramid should be manufactured from aluminum or a hard plastic, i.e., epoxy or Lexan.

5.6 *Test Cones*, cones are more consistent when manufactured out of a hard plastic, that is, epoxy.

5.7 *Temperature Probe*, used to measure the test chamber temperature as well as the liquid temperature (if applicable). The accuracy of the temperature probe shall be $\pm 1^\circ\text{C}$.

5.8 *Support Bridge*, used to support the center of the subgrade pan to keep the pan from deflecting under load.

5.9 *Pressure Measurement Gages*, should be in a series such that each lower pressure can be closed off as its maximum safe operation pressure is reached. The series of gages should be 0 to 210 kPa (0 to 30 psi), 0 to 690 kPa (0 to 100 psi), and 0 to 1400 kPa (0 to 200 psi). The accuracy shall be ± 7.0 kPa (1 psi).

6. Hazards

6.1 **Precaution**—In addition to other precautions, the test apparatus is under pressure and proper precaution should be taken. When drain valves are opened, safety glasses should be worn by the operator. Pressure relief valves are highly recommended to prevent unsafe pressures.

7. Test Specimen

7.1 Cut the geosynthetic test specimen to fit a minimum of 10 mm beyond the clamping area (test vessel flange area) of the designed pressure vessel.

NOTE 1—The conceptual drawing of a pressure vessel as diagrammed in Fig. 1 is acceptable, however, other types of vessels can be used as long as the size does not bias results for a particular material.

NOTE 2—If it is difficult to determine a materials machine direction, after testing, first mark on the specimen before testing a line parallel to the machine direction.

7.2 Measure the geosynthetic specimen thickness accurately by one of the industry standard test methods referenced in Section 2.

NOTE 3—If testing a permeable geosynthetic without the support of a geomembrane, a non-permeable sheet on the liquid medium side may be used, provided adjustments are made for the strength of the non-permeable sheet (that is, 0.4 mm latex).

7.3 The test specimen should be free of any scratches, folds, or other abnormalities, unless the abnormality is the item of interest.

7.4 Examine a total of three replicate test specimens.

8. Conditioning

8.1 Expose the specimens to the standard atmosphere for testing geomembranes for a period long enough to allow the geomembranes to reach equilibrium with the standard atmosphere. Consider the specimen to be at moisture equilibrium when the change in mass of the specimen in successive weighings made at intervals of not less than 2 h does not exceed 0.1 % of the mass of the specimen. Consider the specimen to be at temperature equilibrium after 1 h of exposure to the standard atmosphere for testing.

8.2 If the test is to simulate actual application, the test specimen should be conditioned for at least 40 h in that environment. If there is not a specific environment, then the conditioning should be in accordance with ASTM standard conditioning for the material being tested. If no such standard exists, state the conditioning procedure used.

9. Procedure A

9.1 *Placement of the Subgrade*—First place a geotextile or other fabric in the bottom of the subgrade pan. The geotextile is to be used to restrict movement of small particles of sand or rocks into the lower portion of the tester. Any geotextile or other fabric which has the capability of retaining the subgrade pan fill material and does not restrict the flow of the liquid medium is adequate.

NOTE 4—The use of any geotextile should not allow movement of the pyramids or cones in relation to the established subgrade. This movement could result in changes in the protrusion height during the test.

9.2 Place the pyramids/cones in the subgrade pan on top of the geotextile. The pyramids/cones are arranged so that a line drawn through the geometric center of the pyramid, cone is on a circumference of a 200 mm (8 in.) diameter circle for a 500 mm (20 in.) minimum diameter vessel.

9.3 If pyramids are selected, four test pyramids shall be used for each test. The pyramids are positioned 90° apart.

9.4 If cones are selected, three test cones shall be used for each test. The cones are arranged 120° apart with their 45° faces each facing the center of the pan.

9.5 The subgrade shall be a clean, washed, ottawa sand used to support the geomembrane materials at final placement level, fill the area between the test pyramids or test cones, and create a water drainage layer below the geomembrane.

9.6 Place the specimen over the prearranged subgrade and secure the top of the test apparatus to the bottom.

9.7 Fill the vessel to obtain a water or liquid medium level that is 127 mm (5 in.) over the test height of the pyramid/cones.

9.8 Be sure all valves are tightly closed, including the air intake valve of the vessel which is between the test apparatus and regulator. This will insure that the testing does not begin prematurely, and a zero point in pressure is monitored. Connect

air service to the air regulator.

9.9 Open the regulator valve. The pressure should be increased at 7.0 kPa (1 psi) every 30 min until rupture or the maximum air pressure is achieved. This maximum pressure should be noted and included on the final report. Other incremental pressures can be used if desired and agreed upon by all parties involved in the test program evaluation.

NOTE 5—The 7 kPa (1 psi) pressure increase should be accomplished within the first one minute of the total incremental dwell time.

9.10 Release pressure of the hydrostatic tester by closing the incoming air line valve. Open the drain valve on the hydrostatic tester and let the water or liquid medium drain from the vessel.

9.11 After water or liquid medium has been released, remove the top portion of the test apparatus.

9.12 If the geosynthetic specimen does not fall, increase the height of the pyramids/cones by removing and reshaping the Ottawa sand subgrade. Continue to increase the height of the pyramids in 13.0 mm (0.5 in.) increments until failure of the geosynthetic occurs.

9.13 Immediately remove the test specimen from the test apparatus and, using Method D 5199, measure the thickness of test specimen at the points adjacent to failure and at the point of the pyramid/cone. Measure again after 90 min.

9.14 Repeat testing for the three specimens, obtaining an average time and pressure to the point of failure or non-failure.

9.15 *Procedure B*—The testing and data collection will be the same as procedure A; however, site specific material will be used and placed according to the instruction from the requesting parties.

9.16 The site specific fill material will be classified by the testing laboratory by the use of sieves, and the aggregate measured by calipers.

9.17 After the specimen is placed in position for testing, place the layout grid over the specimen. Mark on the specimen at least 20 prearranged areas across the grid. (Measure these areas in depth as defined from the top of the grid to contact with the specimen.)

NOTE 6—To be consistent in a series of analyses, be sure that the same area on all specimens is examined.

9.18 After the test has been discontinued due to failure or maximum pressure is reached, the layout grid is placed directly over the surface of the test specimen.

9.19 Measure the deformation that has occurred during testing by checking the depth at the original 20 points before test. The 20 grid points should be measured corner to corner for each grid. If there is a protrusion in the grid area, measure the highest point and the lowest point.

10. Calculation and Graphs

10.1 *Procedure A*—Thickness and recovery calculations.

$$[(H_2 - H_1)/H_0] \times 100 = \text{Deformation \%} \quad (1)$$

$$[(H_2 - H_1)/(H_0 - H_1)] \times 100 = \text{Recovery \%} \quad (2)$$

where:

H_0 = original thickness,

H_1 = specimen thickness immediately after removal from tester, and

H_2 = specimen thickness 90 min after load is removed.

10.2 *Critical Height (ch)*—Of pyramid or cones.

10.2.1 Graph the pyramid/cone heights versus their respective failure or maximum obtained pressure.

10.2.2 Critical height is the point at which an increase in pressure will result in failure of the geosynthetic.

10.3 *Procedure B*—Deformation percent change.

$$\text{Deformation percent} = (A/B) \times 100 \quad (3)$$

where:

A = change in depth in millimeters (mm), and

B = original depth in millimeters (mm).

NOTE 7—The reported calculation is based on both the maximum depth recorded during the test, and the average measured depth of the 20 measurements taken.

11. Report

11.1 Report the following:

11.2 The complete identification of the material tested.

11.3 The procedure used for the testing.

11.4 Conditions under which the tests were performed.

11.5 *Procedure A*—The following will be listed:

11.5.1 Original thickness,

11.5.2 The type of test apparatus—pyramids or cones,

11.5.3 Thickness of specimen 10 min after pressure release or failure,

11.5.4 Thickness of specimen 1½ h after test,

11.5.5 Calculation of the deformation,

11.5.6 Calculation of recovery percent,

11.5.7 Graph the critical height of the pyramids/cones, and

11.5.8 Pressure and time at failure.

11.6 *Procedure B*—The following information will be listed:

11.6.1 Average of the original depth across specimen,

11.6.2 Average depth of the tested specimen,

11.6.3 The largest deformation recorded,

11.6.4 Deformation as a percent change, and

11.6.5 Pressure and time at failure.

12. Precision and Bias

12.1 Precision and bias of the procedure in ASTM Draft Designation D35.10.88.01 for measuring Large Scale Hydrostatic Pressure Testing of Geosynthetics is being determined.

13. Keywords

13.1 geosynthetic; hydrostatic pressure; puncture resistance

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANNEXE 2
RÉSULTATS DE L' ESSAI DE POINÇONNEMENT ASTM D 5514 MODIFIÉ
À 1 060 kPa, 10 °C, 100 heures

SAGEOS

Division de / of Groupe CTT Group

RAPPORT D'ANALYSES

No. d'accréditation du CCN: 40

Madame Sylvie Chassé
ECOLOSOL

DATE: Le 9 décembre 2005
DOSSIER: S708-001-9410A

PRODUIT: Géomembrane lisse-identifiée : 6241A (reçu le 21 octobre 2005)
Géotextile Blanc PE identifié : 7634, item 02776 (reçu le 20 octobre 2005)
Pierre nette non-identifiée (reçu le 24 octobre 2005)
Sable non identifié (reçu le 24 octobre 2005)
Argile non identifiée (reçu le 24 octobre 2005)
Projet : Mascouche – Cellule de sols B-C

NORME :

ESSAI : « Test Method for Large Scale Hydrostatic Puncture Testing of Geosynthetics »
ASTM D5514 – 94
Reapproved 2001
Modified

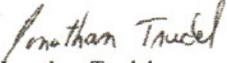
CONDITIONS D'ESSAI : Surface d'essai : 0.283 m² ;
Pression appliquée : 1060 kPa ; Durée de l'essai : 100 heures ;
Diamètre des éprouvettes : 600 mm ;
Essai conduit à 10°C ;
Configuration (du haut vers le bas) :
- Argile (90 mm) - Géomembrane lisse (#3)
- Géomembrane lisse (#1) - Sable (70 mm)
- Géotextile 7634 - Géomembrane lisse (#4)
- Pierre nette (115 mm) - Argile (80 mm)
- Géotextile 7634
- Géomembrane lisse (#2)
- Sable (68 mm)

Observations réalisées 24 heures après le démontage de l'essai.
Date testée : du 3 novembre au 7 novembre 2005.

RÉSULTATS:

Géomembrane #1	Aucune déformation plastique
Géomembrane #2	Aucune déformation plastique
Géomembrane #3	Aucune déformation plastique
Géomembrane #4	Aucune déformation plastique

Préparé par:


Jonathan Trudel
Technicien

Approuvé par:


Eric Blond, ing., M.Sc.A.,
Directeur technique

****Pour toute information concernant ce dossier, veuillez contacter M. Eric Blond.****

Les échantillons concernant ce rapport sont conservés pendant une période de 30 jours à partir de la date du rapport, à moins que d'autres instructions soient transmises à cet effet. Les frais pour tout service après les essais sont de 125,00 \$ de l'heure et pour toute expertise en Cour, de 195,00 \$ de l'heure. Les résultats ci-haut mentionnés ne se rapportent qu'aux produits soumis à l'essai. Ce rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.

* 3000, rue Boullé, Saint-Hyacinthe, Québec, Canada J2S 1H9 | 1 Young Street, Suite 1801 Toronto (Ontario) Canada M5E 1W7
www.sageos.com 1 877 7243677 1 450 771-4608 Fax: (450) 778-3901

* ISO 9001 : 2000