

## **ANNEXE 1**

---

Données et études sur la fiabilité et l'étanchéité des L.E.S.  
à double niveau d'imperméabilisation



Ste-Foy, le 27 octobre 2003

M. Michel Grégoire, ing.  
SNC- Lavalin

Tél : (418)621-5500  
Fax : (418)621-9090  
Objet : L.E.T. Marchand

Monsieur Grégoire,

Tel que discuté la semaine dernière, vous trouverez ci-joint une partie de notre liste de projets d'installation de géomembranes des dernière années.

J'y ai indiqué quelques projets similaires au votre, c'est-à-dire des systèmes multicouches pour le fond de cellules d'enfouissement et qui ont été réalisé dans différentes régions du Québec.

Garantie standard; un an sur la main-d'œuvre  
Cinq ans sur les matériaux (décroissante jusqu'à 20% la dernière année)

Prix; muticouche (bentofix – hdpe – geonet- hdpe- geotextile) pour 29 000m2  
environ 36\$ - m2 total livré , installé , contrôle qualité

recouvrement ancien site : pour 45 000m2.....environ 9.50\$ -m2

Voir article sur la longévité des géomembranes. (comportement à long terme)

2<sup>e</sup> article (9pages- geotechnical fabrics report) : principale conclusion...

... la majorité des perforations surviennent lors de l'étape de remblayage,  
d'où l'importance de bien protéger la membrane (nous vous suggérons donc le  
géotextile Texel 918 à cette fin)

Note – La longévité d'une géomembrane en HDPE est supérieure à la période pendant  
laquelle il y aura création de lixiviat dans une cellule recouverte.

Meilleures salutations



Martin Paquet, Ing.

Représentant technique  
Solmax-TEXEL, Géosynthétiques

28/10/2003 12:17 FAX 418 621 9621  
 10-27-2003 03:42PM DE- SOLMAX TEXEL  
 SOCODEC QUEBEC  
 T-545 P.004/021 F-111

Project Name	Month	Year / Année	Project type / Type de projet	Satellite	Project location / Endroit du projet	Type	Thick. / Épais. (mm) (mils)	Quantity / Quantité (m²) (ft²)
Enfouïbec	Septembre	2002	Cellule pour sols	SOLMAX TEXEL	Bécancour	HDPE-T	1,60 60	13 430 144 860
A.E.S. Larouche	Octobre	2002	Cellule pour sols + bassin	SOLMAX TEXEL	Larouche	HDPE	1,50 60	86 800 383 188
Sauyerville	Août	2002	Couvert sur bassin d'eau potable	SOLMAX TEXEL	Sauyerville	Polypro	0,91 36	300 3 229
L.E.S. Armagh	Octobre	2002	Cellules d'enfouissement	SOLMAX TEXEL	Armagh	HDPE	1,50 60	46 358 498 976
L.E.S. St-Côme	Mai	2002	Cellules d'enfouissement	SOLMAX TEXEL	St-Côme	HDPE	1,60 60	48 396 520 823
Kangiqsujuaq	Août	2002	Confinement secondaire	SOLMAX TEXEL	Kangiqsujuaq	Hazgard 600	- -	3 384 36 425
Npat-Sibac	Septembre	2002	Cellule d'enfouissement	SOLMAX TEXEL	Contrecoeur	HDPE + HDPE-T	1,50 60	37 785 408 718
L.E.S. St-Côme	Juillet	2002	Bassins individ	SOLMAX TEXEL	St-Côme	HDPE-T	1,50 60	29 785 320 608
L.E.S. Frampton	Juin	2002	Cap sur L.E.S.	SOLMAX TEXEL	Frampton	HDPE + HDPE-T	1,00 40	3 700 39 827
St-Luc	Juillet	2002	Couvert sur réserve d'eau potable	SOLMAX TEXEL	St-Luc-de-Bellechasse	Polypro	0,91 36	255 2 745
EKO	Juin	2002	Confinement secondaire	SOLMAX TEXEL	Ste-Foy	PVC-OR	0,75 30	840 8 889
Gaspesia	Juillet	2002	Réparation	SOLMAX TEXEL	Chandler	HDPE	1,50 60	109 1 173
Carières Laurentiennes	Juillet	2002	Réparation	SOLMAX TEXEL	St-Hyacinthe	HDPE	1,50 60	400 4 388
L.E.S. Ragueneau	Octobre	2002	Bassins individ	SOLMAX TEXEL	Ragueneau	HDPE-T	1,50 60	7 937 84 357
L.E.S. Gaspé	Octobre	2002	Cellules + bassin	SOLMAX TEXEL	Wakeham	HDPE + HDPE-T	1,50 60	31 816 342 470
Périmont	Mai	2002	Confinement secondaire	SOLMAX TEXEL	Verennes	HDPE + XR-5	- -	273 2 937
L.E.S. Frampton	Octobre	2002	Bassins individ	SOLMAX TEXEL	Frampton	HDPE	2,50 100	4 719 50 795
L.E.S. St-Lambert	Novembre	2002	Cellules d'enfouissement	SOLMAX TEXEL	St-Lambert-de-Lauzon	HDPE	1,50 60	50 471 543 274
Mirabel	Août	2002	Bassins pour neige fondue	SOLMAX TEXEL	St-Benoît et St-Canid	PVC	0,75 30	1 560 21 087
Atca	Septembre	2002	Bassin pour neige fondue	SOLMAX TEXEL	Bala Comeau	LLDPE	1,00 40	1 093 11 119
Hétrie	Octobre	2002	Dépot à neige	SOLMAX TEXEL	Ste-Foy	HDPE	1,00 40	17 000 182 988
Absolvi Vianda Ultra	Octobre	2002	Plateforme	SOLMAX TEXEL	St-Esprit	HDPE	1,50 60	1 898 20 430
Canadian Tire Créazoo	Novembre	2002	Barrière anti-contamination	SOLMAX TEXEL	Montréal	HDPE	1,50 60	2 631 28 320
Abitibi-Consolidated	Septembre	2002	Recouvrement de résidus	SOLMAX TEXEL	Bala Comeau	LLDPE	1,00 40	61 886 688 501

Project Name	Month	Year / Année	Project type / Type de projet	Satellite	Project location / Endroit du projet	Type	Thick. / Epais. (mm)	(mils)	Quantity / Quantité (m <sup>2</sup> )	(ft <sup>2</sup> )
Behler Reynolds Metals	June	2001	Sec. Containment Structures	USA	Massena (NY)	XR 6	0,75	30	1 300	14 000
TVA Landfill Alabama	Sept.	2001	Solid Waste Landfill Closure	USA	Muscog Shoals (AL)	HDPE	1,00	40	40 470	435 830
Drying Pond Massena	Nov.	2001	Settling Pond	USA	Massena (NY)	HDPE	1,50	60	300	3 270
Horizon Environnement	-	2001	Contaminated Soil Landfill Cell	SOLMAX TEXEL	Grandes Piles (PQ)	HDPE	1,50	60	47 822	514 756
Nova plomb	-	2001	Basin	SOLMAX TEXEL	St-Catherine (PQ)	HDPE	2,00	80	1 534	16 512
AES	-	2001	MSW Landfill Cell	SOLMAX TEXEL	Lacarrière (PQ)	HDPE	2,00	80	38 500	414 414
CH Taschereau	-	2001	Contaminated Soil Landfill Cell	SOLMAX TEXEL	Montréal (PQ)	HDPE	1,50	60	12 671	138 543
Iron Ore	-	2001	Sec. Containment Structures	SOLMAX TEXEL	Sapt-Îles (PQ)	PVC	0,90	36	2 215	23 842
Royal Mat	-	2001	Storage Pond	SOLMAX TEXEL	Beauceville (PQ)	HDPE	1,50	60	75	807
Inferasn St-Sophie	-	2001	MSW Landfill Cell	SOLMAX TEXEL	St-Sophie (PQ)	HDPE	1,50	60	182 684	1 966 411
Uniboard St-Moise	-	2001	Woodly Matter Landfill	SOLMAX TEXEL	Sayabec (PQ)	HDPE	2,00	80	21 500	231 426
MRC Nouvelle-Beauce	-	2001	MSW Landfill Cell	SOLMAX TEXEL	Frampton (PQ)	HDPE	1,50	60	20 867	224 612
Alasa	-	2001	Reservoir	SOLMAX TEXEL	Granby (PQ)	LLDPE	1,50	60	140	1 507
Iron Ore	-	2001	Treatment Pond	SOLMAX TEXEL	Sapt-Îles (PQ)	PVC	1,00	40	470	5 059
QGM Fort-Carlter	-	2001	Sec. Containment Structures	SOLMAX TEXEL	Fort-Carlter (PQ)	PVC	0,90	36	195	2 099
Prévost	-	2001	Stock Pile Area	SOLMAX TEXEL	Prévost (PQ)	HDPE	1,00	40	3 333	35 876
Pierrefonds	-	2001	Landfill	SOLMAX TEXEL	Pierrefonds (PQ)	HDPE	1,00	40	16 826	181 115
Métallurgia Magnolia	-	2001	Treatment Pond	SOLMAX TEXEL	Asbestos (PQ)	HDPE	2,00	80	66 500	715 805
MRC Lotbinière	-	2001	MSW Landfill Cell	SOLMAX TEXEL	St-Flavien (PQ)	HDPE	1,50	60	850	9 257
Némaska	-	2001	Sewage Lagoon	SOLMAX TEXEL	Némaska (PQ)	HDPE	1,50	60	11 571	124 550
Cowansville	-	2001	MSW Landfill Cell	SOLMAX TEXEL	Cowansville (PQ)	HDPE	1,50	60	97 040	1 044 539
Assomption	-	2001	Stock Pile Area	SOLMAX TEXEL	l'Assomption (PQ)	HDPE	1,00	40	12 601	135 637
MRC Robert-Cliché	-	2001	Repair on MSW Landfill cap	SOLMAX TEXEL	Beauceville (PQ)	HDPE	1,00	40	130	1 399
Lafarge Canada	-	2001	Sec. Containment Structures	SOLMAX TEXEL	St-Constant (PQ)	HDPE	1,00	40	2 231	24 014

Project Name	Month	Year / Année	Project type / Type de projet	Satellite	Project location / Endroit du projet	Type	Thick. / Epais. (mm)	(mils)	Quantity / Quantité (m <sup>2</sup> )	(ft <sup>2</sup> )
Pioneer Crossing Landfill	Nov. Dec.	2000	MSW Landfill Cover	USA	Birdsboro (PA)	HDPE T	1,50	60	23 690	255 000
Village of Tottenham	Sept.	1999	Sewage Lagoon	CTJC	Tottenham (ON)	HDPE T	1,00	40	2 900	31 200
Sango Bay	Aug. Oct.	1998	Sewage Lagoon	CTJC	Nainashish (Labrador)	HDPE T	1,50	60	135 600	1 480 000
Repop New Brunswick	July Aug.	1998	MSW Landfill & Pond	CTJC	Northwest Millstream (NB)	HDPE	1.5 / 2.0	60 / 80	40 000	430 500
Mopko Leaf	June	1998	Waste Water Basin	CTJC	Brandon (MB)	HDPE	1.0 / 1.5	40 / 60	13 600	140 000
Magna Plant	Nov.	1999	Sec. Containment Structures	CTJC	Concord (ON)	HDPE	1,50	60	8 700	72 100
DataTech Lagoon	Oct.	1999	Storage Pond	CTJC	Greenwood (NS)	HDPE	2,00	80	2 100	22 600
Region of Huronia	Nov.	1999	Waste Water Basin	CTJC	New Lowell (ON)	HDPE	1,50	60	4 450	47 900
Finetree Dairy Rate	Nov.	1999	Contaminated Soil Ldfl Cover (Repair)	CTJC	Stephenville (NF)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
San Salvador	Jan. Feb. / Apr. May	1999	MSW Landfill & Pond	CTJC	San Salvador (El Salvador)	LLDPE	1.0 / 1.5 / 2.0	40 / 60 / 80	110 950	1 184 300
Dudai Stvor Project	Aug. Sept.	1999	Upgrading Pond	CTJC	Omsukchan (Russia)	HDPE	1,50	60	138 800	1 470 400
LES Cowansville	-	1999	MSW Landfill	SOLMAX TEXEL	Cowansville (PQ)	HDPE	1,50	60	81 005	872 000
PPG Canada	-	1999	Sec. Containment Structures	SOLMAX TEXEL	Beauharnois (PQ)	HDPE	2,00	80	3 000	32 293
GE Zino	-	1999	Sewage Lagoon	SOLMAX TEXEL	Valleyfield (PQ)	HDPE	2,50	100	500	5 385
Nova Plomb	-	1999	Containment Dyke	SOLMAX TEXEL	Ville Ste Catherine (PQ)	HDPE	2,00	80	500	5 380
Autoroute 20	-	1999	Reservoir	SOLMAX TEXEL	Rimouski (PQ)	LLDPE	1,00	40	5 268	56 705
Club de Golf La Malbaie	-	1999	Storage Pond	SOLMAX TEXEL	Pointe au Fle (PQ)	HDPE	1,00	40	3 880	41 550
Rio Algom Joutel	-	1999	Mine Tailings Dam Closure	SOLMAX TEXEL	Joutel (PQ)	HDPE	2,00	80	51 138	550 430
Rio Algom Joutel	-	1999	Mine Tailings Dam Closure	SOLMAX TEXEL	Joutel (PQ)	HDPE	1,50	60	251 574	2 700 008
Joliette - Lot 7	-	1999	Sewage Lagoon	SOLMAX TEXEL	Joliette (PQ)	LLDPE	1,00	40	203 635	2 191 980
Zinc Basin 5B	-	1999	Reservoir	SOLMAX TEXEL	Valleyfield (PQ)	LLDPE	1,60	60	151 233	1 627 812
LES St-Lambert	-	1999	Reservoir	SOLMAX TEXEL	St Lambert de Lauzon (PQ)	LLDPE	1,00	40	21 865	233 207
St-Hubert Basin Robarge	-	1999	Storage Pond	SOLMAX TEXEL	St-Hubert (PQ)	HDPE	1,00	40	1 240	13 345
Stablex Canada	-	1999	Decontamination Pad	SOLMAX TEXEL	Blainville (PQ)	HDPE	2,00	80	4 000	43 057

Project List / Liste de projets

Solmax Texel inc.

Project Name	Month	Year	Project type / Type de projet	Salvillo	Project location / Endroit du projet	Type	Thick. / Epais. (mm)	Quantity / Quantité (m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(ft <sup>2</sup> )
Kuujuaupik	1998	1998	Sec. Containment Structures	SOLMAX TEXEL	Kuujuaupik (PQ)	HDPE	1.50	6 910	74 380	
Village des Sports	1998	1998	Storage Pond	SOLMAX TEXEL	Val Carlier (PQ)	PVC	0.75	1 100	100	
Shelville	1998	1998	Waste Water Basin	SOLMAX TEXEL	Shelville (PQ)	HDPE	1.50	1 670	17 975	
Actoria Max Marreau	1998	1998	Storage Pond	SOLMAX TEXEL	Ferme Neure (PQ)	HDPE	2.50	1 350	14 530	
Alean SIDA	1998	1998	Industrial Waste Landfill	SOLMAX TEXEL	Jocquiere (PQ)	HDPE	1.50	11 000	118 405	
Armagh	1998	1998	MSW Landfill Cover	SOLMAX TEXEL	Armagh (PQ)	HDPE	1.00	56 500	608 185	
Jouit	1998	1998	Fillne Tailing Dam Closure	SOLMAX TEXEL	Jouit (PQ)	HDPE	2.0 / 1.5	138 500	1 490 850	
PPG Canada	1998	1998	Sec. Containment Structures	SOLMAX TEXEL	Beauharnois (PQ)	HDPE	2.00	3 000	32 200	
St-Alme MQ	1998	1998	Storage Pond	SOLMAX TEXEL	St-Alme des Lacs (PQ)	HDPE	1.00	2 030	21 850	
Interprovincial Pipelines	1998	1998	Sec. Containment Structures	SOLMAX TEXEL	Montreal (PQ)	HDPE	1.50	2 330	25 080	
Complet Quebec Maurice	1998	1998	Storage Pond	SOLMAX TEXEL	St Luc de Varcome (PQ)	HDPE	1.00	75	810	
Dome Kiriland	1998	1998	Contaminated Soil Landfill Cover	SOLMAX TEXEL	Kirkland (PQ)	HDPE	2.00	540	6 815	
Shelville 2	1998	1998	Waste Water Basin	SOLMAX TEXEL	Shelville (PQ)	HDPE	1.50	6 225	67 005	
L.E.S. St-Lambert	1998	1998	MSW Landfill & Leachate Lagoon	SOLMAX TEXEL	St-Lambert de Lauzon (PQ)	HDPE / HDPE T	1.50	107 705	1 159 365	
Piedmont	1998	1998	Waste Water Basin	SOLMAX TEXEL	Piedmont (PQ)	HDPE	1.50	12 200	131 324	
Canjou 78	1998	1998	Storage Pond	SOLMAX TEXEL	Biomet (PQ)	HDPE	1.50	350	3 765	
St-Florent	1998	1998	MSW Landfill	SOLMAX TEXEL	St-Florent de Lotbiniere (PQ)	HDPE / HDPE T	1.50	37 760	405 450	
Opilux St-Mathieu	1998	1998	Storage Pond	SOLMAX TEXEL	St-Mathieu de Beaulieu (PQ)	PVC	0.75	385	3 930	
Ecole St-Andrieu Mar-Claret	1998	1998	Contaminated Soil Landfill Cover	SOLMAX TEXEL	Montreal (PQ)	HDPE	1.50	1 150	12 380	
Dokhivo	1998	1998	Industrial Waste Landfill	SOLMAX TEXEL	Belle Combeau (PQ)	HDPE	1.50	20 000	215 285	
Stikothique St-Lambert	1998	1998	Vapor Barrier	SOLMAX TEXEL	St-Lambert (PQ)	HDPE	1.50	200	2 155	
Vite de Rosemeur	1998	1998	Storage Pond	SOLMAX TEXEL	Rosemeur (PQ)	PVC	1.00	50	540	
Atlix Consolidated Enterprises	1998	1998	Contaminated Soil Landfill	SOLMAX TEXEL	Labas (PQ)	HDPE	1.50	2 000	30 785	
Entreprises en Travaux	1998	1998	Decommissioning Pad	SOLMAX TEXEL	Pierrefonds (PQ)	HDPE	1.00	18 400	178 535	



## Comportement à long terme des géotextiles et des géomembranes

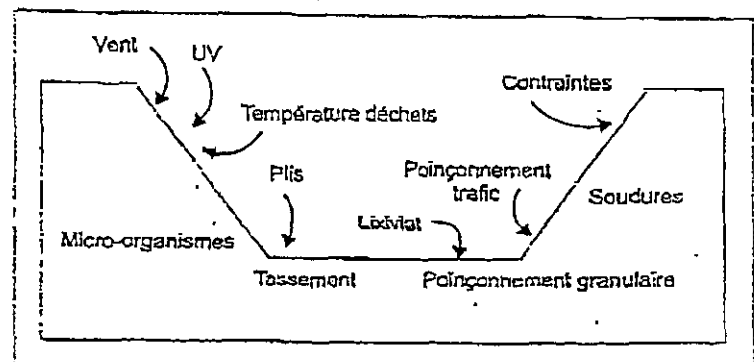
### Les géomembranes

Le maintien de l'étanchéité permet le contrôle de la migration des liquides et de la diffusion d'éléments toxiques vers les nappes souterraines situées près des ouvrages de confinement. Cependant la durée de vie fonctionnelle de ces ouvrages dépend en grande partie de la nature des effluents entreposés ou confinés et de la résistance des matériaux utilisés. Le stockage des effluents liquides dans des bassins et canaux a un caractère temporaire tandis que la durée du confinement des sols contaminés et des déchets solides industriels revêt un caractère beaucoup plus permanent. Le confinement des déchets ménagers dans des alvéoles représente une problématique spécifique à cause de la très grande quantité de déchets à confiner et de la production évolutive de lixiviat et de biogaz. Cependant, sous des conditions de confinement appropriées, tout porte à croire que les déchets peuvent devenir inertes après une période de temps plus courte que la durée de vie fonctionnelle des systèmes d'étanchéité utilisés. A cette fin, les réglementations prescrivent l'utilisation de certaines géomembranes synthétiques en association avec des sols très peu perméables pour assurer l'étanchéité des casiers. Deux approches sont préconisées pour étancher le fond des casiers : un système comprenant une double étanchéité synthétique incluant un système de captage et évacuation des lixiviats (Amérique du Nord), et un système mixte (France) comportant une géomembrane (étanchéité active) associée à une couche d'argile naturelle ou compactée (étanchéité passive).

Les géomembranes en polyéthylène haute densité (PEHD) sont les plus couramment utilisées en fond et sur les talus des alvéoles de stockage des déchets solides tandis que plusieurs types de matériaux sont utilisés pour étancher la couverture des alvéoles. Les géomembranes d'étanchéité des bassins de retenue sont sélectionnées en fonction de la nature des effluents à entreposer. Ainsi, chaque type de géomembrane possède des caractéristiques influençant ses limites d'application face aux agressions du milieu et sa durée de vie fonctionnelle.

### Les sollicitations sur les géomembranes

La majorité des sollicitations décrites pour les géotextiles s'appliquent pour les géomembranes en tenant compte que la gamme de matériaux est plus grande et complexe : les polyéthylènes de basse et haute densité, le chlorure de polyvinyle, le polypropylène souple, l'éthylène-polypropylène-diène, les biminceuses oxydées et modifiées, ... Deux applications considérées comme sévères concernent l'installation de géomembranes dans les alvéoles de stockage de déchets et les bassins de retenue des lixiviat tel que schématisé à la figure 4. Ces agressions résultent des contraintes liées à la conception, au mouvement des liquides, à la mise en œuvre, aux conditions du sol, aux conditions climatiques et à la nature des déchets stockés.



▲ Figure 4. — Les agressions subies par une membrane d'étanchéité.

La performance à court terme d'une géomembrane est fonction des agressions résultant de la conception de l'ouvrage, de la qualité du programme de contrôle lors de la fabrication des membranes et de l'application d'une procédure rigoureuse d'installation y compris les joints entre les lés. Le choix judicieux des matériaux granulaires ou synthétiques des couches support et de protection, une procédure de mise en œuvre rigoureuse et un contrôle des charges durant la construction de l'ouvrage doivent prévenir la modification de la structure moléculaire et tout poinçonnement des géomembranes.

Seules des conditions de fabrication sévères utilisant des matériaux de qualité et une installation suivant les règles de l'art sous surveillance peuvent garantir à court terme l'intégrité des



géomembranes. Malgré ces précautions, il a été démontré qu'une prospection géoélectrique est souhaitable dans le cadre d'un programme sérieux de contrôle de la qualité pour localiser des fuites aux soudures et dans les feuilles (ROLLIN, 1999 et DARJEK, 1998). Récemment, en Amérique du Nord, l'attribution d'un permis d'opération a été soumise à un suivi de la quantité de liquide pompé du système de collecte du lixiviat (installé sous la géomembrane active) durant une période de 30 jours suivant l'installation des géomembranes et de la couche de protection (BEECH, 1998).

A plus long terme, il faudra éviter toute situation pouvant augmenter le niveau de contraintes résiduelle susceptible de favoriser une dégradation physique (fragilité) ou chimique des membranes. Ainsi, une procédure de pose minimisant l'existence d'ondulations de la géomembrane et un contrôle des charges durant la construction de l'ouvrage préviendront la formation de plis favorisant un vieillissement accéléré. SOONG et KOERNER (1998) et KOERNER et al (1997) ont démontré que la présence de plis a une influence considérable sur le développement de contraintes dans les géomembranes installées.

### Le vieillissement des géosynthétiques

#### Le phénomène

Le vieillissement d'un polymère résulte d'une variation dans sa cristallinité ou dans sa teneur en additifs (vieillissement physique) et/ou la rupture de liaisons covalentes (vieillissement chimique). Le vieillissement physique s'accompagne d'une variation de la cristallinité du matériau sans rupture des liaisons covalentes tandis que le vieillissement chimique s'accompagne de ruptures de ces liaisons résultant en une diminution des propriétés mécaniques des matériaux.

La période de vieillissement peut être reliée pour certains matériaux directement à la perte ou consommation de l'agent antioxydant, du plastifiant ou de ruptures de liaisons d'un des composants. KOERNER et al (1990, 1992) décomposent pour la géomembrane PEHD le mécanisme physico-chimique en 3 étapes telles que

présentées graphiquement à la figure 1 :  $t_A$  = le temps de consommation et de perte de l'antioxydant,  $t_P$  = le temps de perte de protection et  $t_D$  = le temps de la dégradation du polymère.

En fond de casiers, les conditions prévalant sur les géosynthétiques en contact avec le lixiviat (étanchéité active) sont anaérobiques, à l'exception des premières années, tandis qu'il faut prévoir la présence d'oxygène dans le système de collecte du lixiviat pour les systèmes à double étanchéité. De plus, la présence de métaux de transition (Co, Mn, Cu, Pd et Fe) dans le lixiviat favorise la consommation de l'agent antioxydant (HSUAN et KOERNER, 1998).

HSUAN et al (1998) recommandent d'utiliser en fond de casier une géomembrane PEHD résistante durant 200 heures à l'essai ASTM D5397 (single point notched constant load test), possédant un temps d'induction à l'oxydation supérieur à 100 minutes (essai D3895) ou 400 minutes à pression élevée (essai D5885). Enfin la géomembrane devra conserver 55% de la valeur du temps d'induction après un conditionnement sous étuve à 85°C pendant 90 jours.

Pour les autres types de géomembranes utilisés, la période de vieillissement est reliée à la perte ou consommation du plastifiant pour les géomembranes en chlorure de polyvinyle (PVC), de la fraction élastomère pour les géomembranes élastomères, modification de la fraction asphaltène pour les géomembranes bitumineuses et de la substitution des ions sodium pour les géocomposites bentonitiques. Dans tous les cas, il faudra évaluer les temps de consommation ou de modification de ces éléments en tenant compte des agressions chimiques, mécaniques et thermiques. Pour une géomembrane ou un géotextile non-protégé, normalement installé sur les talus des bassins de retenue des eaux ou effluents, le vieillissement est accéléré par l'action des conditions climatiques et des attaques des rayons UV.

#### Prélèvement sur site de géotextiles

Plus particulièrement, l'utilisation de géotextiles comme filtres dans les ouvrages géotechniques remonte aux années "60". Depuis, plusieurs prélèvements d'échantillons sur des ouvrages géotechniques en opération ont été réalisés

## Compartement à long terme des géotextiles et des géomembranes

pour estimer leur durée de vie fonctionnelle. Parmi ceux-ci, citons : DELMAS (1988), LEFLAIVE (1988), MLYNAREK (1994), ROLLIN (1996) et ROWE (1998). Ces études ont démontré que les géotextiles en place depuis plus d'une trentaine d'années assuraient toujours les fonctions désirées. Cependant il semble qu'aucune étude sur le prélèvement d'échantillons de géotextiles utilisés dans les casiers de stockage de déchets n'a été effectuée à ce jour.

### *Prélèvements sur site de géomembranes*

L'utilisation de géomembranes en polyéthylène haute densité (PEHD) pour étancher des ouvrages géotechniques remonte aux années "60" pour les applications hydrauliques et aux années "80" pour le confinement des déchets. Depuis, plusieurs prélèvements de géomembranes sur des sites en opération ont été réalisés pour estimer la durée de vie de l'étanchéité des cellules de stockage des déchets. Parmi ceux-ci, citons : HAXO (1988), HSUAN (1991), DULLMANN (1993), BRADY (1994), ROLLIN (1994) et ROWE (1998).

HSUAN et al (1991) ont échantillonné un bassin de retenue d'eaux de lixiviation en service pour une période de 7 ans. Aucune modification macroscopique n'a été décelée au cours de l'analyse des échantillons PEHD recueillis à plusieurs endroits du bassin. Seules quelques modifications mineures dans les propriétés microscopiques ont été décelées et aucune variation du niveau de "stress cracking" a été observée dans les échantillons de la géomembrane exposée.

DULLMANN et al (1993) n'ont pas observé de modification mécanique et chimique dans les échantillons prélevés dans des casiers en service durant des périodes de 8 à 10 ans. BRADY et al (1994) ont prélevé des échantillons dans plusieurs cellules. Aucune modification importante a été observée pour la densité et l'adsorption d'eau sur les échantillons recueillis comparativement à des échantillons non utilisés. Une réduction de 50% de la résistance au test d'impact a été observée pour les échantillons de 30 ans et aucune variation pour des échantillons de 15,5 ans. Ils ont aussi observé une rigidification et une diminution de la déforma-

tion.

ROLLIN et al (1994) ont analysé des échantillons de PEHD prélevés au fond, sur les talus et en couverture d'un casier de confinement de sols contaminés en service durant 7 ans. Une faible augmentation des contraintes au seuil d'écoulement, une diminution des contraintes à la rupture et une diminution de la déformation ont été observées. Le vieillissement des échantillons prélevés au fond du casier était plus marqué que ceux provenant des talus et de la couverture.

Récemment, ROWE et al (1998) ont recueilli des échantillons dans un bassin de lixiviat en opération durant 14 ans. Ils ont observé une diminution des contraintes à la rupture, une diminution du "stress cracking" et une diminution du temps d'induction d'oxydation pour les échantillons prélevés dans la section où la géomembrane n'était pas protégée. Aucune variation du temps d'induction à l'oxydation n'a été observée pour les échantillons provenant de la section de la membrane sous le niveau liquide.

Les résultats obtenus ont permis de mesurer une variation faible des propriétés mécaniques des géomembranes utilisées pendant plusieurs années. Ces modifications ont été sans conséquence pour assurer la fonction désirée et supporter le mécanisme de vieillissement concerné.

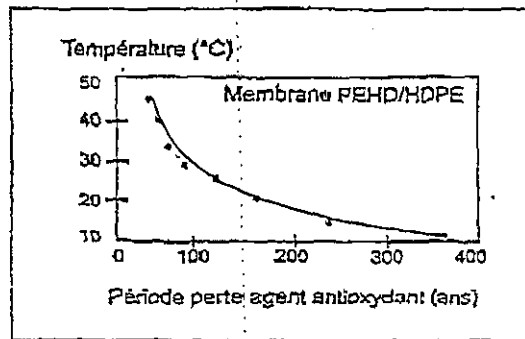
### *Prédiction de la durée de vie fonctionnelle*

Plusieurs auteurs ont estimé la durée de vie fonctionnelle de géomembranes en PEHD installées dans des cellules de stockage des déchets ménagers à plusieurs centaines d'années : HAXO (1988), KOCH (1988), LORD et HALSE (1989), GRAY (1990), TINSINGER et GIROUD (1993), ROLLIN (1994), HSUAN et GUAN (1998) et ROWE (1998).

Deux exemples d'estimation de la durée de vie fonctionnelle d'une géomembrane en PEHD, qui prennent en compte un seul mécanisme de vieillissement (par perte d'antioxydant), sont donnés par les travaux récents de HSUAN et GUAN (1998) d'une part et de ROWE (1998) d'autre part ; ceux-ci ont estimé cette durée en utilisant des résultats de laboratoire et en assu-

mant une période de 25 ans pour atteindre 50% de dégradation d'une propriété (période  $t_p$ ). Tel que montré à la figure 5, le temps de la consommation et perte de l'agent oxydant est fonction de la température de la géomembrane. Pour une température de 25°C, le temps nécessaire pour atteindre le seuil de la quantité minimale de protection a été estimé à 113 ans. Si on ajoute à cette période un temps de 12 ans pour atteindre le seuil de non protection et une période de 25 ans de perte de la propriété, la période de vie fonctionnelle d'une géomembrane PEHD installée en fond de casier est fixée à 150 ans. La température de la géomembrane utilisée comme étanchéité passive dans un système à double étanchéité (en contact avec le sol) étant normalement plus faible, on peut estimer que son vieillissement sera plus lent.

Figure 5. - La période de perte de l'agent antioxydant en fonction de la température.



### Conclusion

#### — Pour les géotextiles

L'évaluation de la durée de vie des géotextiles installés dans des ouvrages géotechniques ou de protection de l'environnement est une question légitime des utilisateurs; la grande diversité des produits proposés sur le marché permet généralement d'apporter une réponse appropriée pour une utilisation donnée. Cette durée de vie fonctionnelle dépend d'un seuil limite d'acceptabilité pour maintenir la fonction désirée. Cette valeur doit normalement être déterminée pour la ou les propriétés assurant cette fonction, en prenant en compte la quantité et la qualité des antioxydants et des adjuvants utilisés et le type des géotextiles retenus.

L'évaluation du vieillissement doit également prendre en compte les différentes sollicitations (mécaniques, climatiques,...) auxquelles ceux-ci sont soumis dans les ouvrages.

#### — Pour les géomembranes

L'évaluation, à partir des connaissances actuelles, de la durée de vie fonctionnelle de géomembranes en PEHD installées dans les casiers de stockage des déchets permet d'observer qu'elles ont un comportement convenable dans le temps lorsqu'elles ont été correctement sélectionnées et mises en œuvre. Cette durée de vie fonctionnelle est fonction d'un seuil limite d'acceptabilité pour maintenir une étanchéité au lixiviat et au contrôle de la diffusion acceptable. Cette valeur doit normalement être déterminée pour la ou les propriétés assurant cette fonction. Cette valeur limite doit, en particulier, être déterminée en fonction de la quantité et qualité des antioxydants et des adjuvants utilisés et en fonction des géomembranes produites par différents procédés de fabrication et manufacturiers (Maisonneuve 1998). De plus, le vieillissement des géomembranes doit également prendre en compte les sollicitations auxquelles elles sont soumises dans les ouvrages.

La durée de vie fonctionnelle des autres principaux types de géomembranes (BITUME, EPR, PP, PVC, PPS, ...) a également fait l'objet d'études en laboratoire et par prélèvements sur sites, parmi lesquelles peuvent être citées celles de DURIN (1999), DUQUENNOI et al (1995), GIROUD et al (1993), et PIERSON (1999). Des conclusions similaires ont été obtenues pour des conditions adéquates d'utilisation des géomembranes disponibles sur le marché.

Néanmoins, la durabilité des géotextiles et des géomembranes reste un thème de recherche important afin de poursuivre l'amélioration des connaissances dans ce domaine en vue de prévoir au mieux la durabilité fonctionnelle de ces matériaux; des essais accélérés en laboratoire, corrélés à des mesures sur prélèvements vieillissés in situ demeurent nécessaires sur ces matériaux somme toute relativement récents compte tenu de la durée de vie escomptée de la plupart des ouvrages. ■

## Comportement à long terme des géotextiles et des géomembranes

### Résumé

Les géotextiles installés dans un ouvrage de géotechnique ou de protection de l'environnement doivent être performants à court terme pour retenir les sols en place, pour filtrer et évacuer des liquides, pour séparer des couches de sols, pour protéger des géomembranes contre le poinçonnement et pour accomplir plusieurs autres fonctions. Ces matériaux doivent être également performants durant une longue période de temps.

L'étanchéité des alvéoles de stockage des déchets, des canaux d'irrigation et de navigation, des bassins de retenue d'effluents industriels et des réservoirs d'eau peut être assurée par un système composé de couches très peu perméables incluant des géomembranes. Cette étanchéité doit être performante à court terme pour retenir les effluents liquides entreposés et retenir les eaux de lixiviation extraites des déchets confinés. De plus dans le cas des alvéoles de stockage de déchets, l'étanchéité doit être performante durant une période de temps plus longue que celle nécessaire à la décomposition des déchets stockés.

Quelle durée de vie fonctionnelle peut-on espérer d'un géotextile ou d'une géomembrane en fonction des conceptions utilisées, des programmes de contrôle de la qualité mis en œuvre durant la fabrication, la construction et l'installation de ces matériaux, des conditions atmosphériques, de la nature des sols et des produits en contact ?

### Abstract

Geotextiles installed in many geotechnical and environmental works must have a short term performance in retaining soil particles, filtering liquids, be a separator between soils, protect geomembrane against puncture and to accomplish many other functions.

Geomembranes are specified as impermeable liners to install in landfill cells to retain leachates and in lagoons to store industrial liquids. Their short term performance, survivability, is related to the engineering design of the work and to the CQA manufacture and installation. It is also expected that they will have a service life, durability, exceeding the waste degradation period.

How long will a geotextile or a geomembrane last, expected service life, when installed in a earth structure and in contact with climatic conditions and chemical products ?

### Bibliographie

#### Géotextiles

- ARTIÈRES O., GAUMET S. ET BLOQUET C. (1998), "Prediction of the UV Aging of Polypropylene Geotextiles - Landfills case", *comptes rendus 6ième conf. int'l, Geosynthetics, IGS, mars, vol 1*, pp 393-398
- ASTM D 5819 (1998), "Standard Guide for Selecting Test Methods for Experimental Evaluation of Geosynthetic Durability"
- CEN (1998), "Guide to Durability", *Geotextiles and Geotextile-Related Products*, CEN report, Brussels, sous presse
- CONLAW J.W., YEO K.C. ET GREENWOOD J.H. (1998), "Durability of Polyester and Polypropylene Geotextiles Buried in a Tropical Environment for 14 Years", *comptes rendus 6ième conf. int'l, Geosynthetics, IGS, mars, vol 2*, pp 669-674
- COOKE T.F. ET REBENFELD L. (1988), "Effect of Chemical Composition and Physical Structure of Geotextiles on Their Durability", *Geotextiles and Geomembranes*, vol 7, pp 7-22
- DELMAS PH., FAURE Y., FARKOUH B. ET NANCY A. (1994), "Long Term Behavior of a Geotextile as a Filter in a 24 year Old Earth Dam : Valeris", *comptes rendus 5ième conf. int'l, Geosynthetics, IGS, Singapore*, pp 1199-1202

GEOTECHNICAL FABRICS REPORT

April 2001

Volume 19, number 3

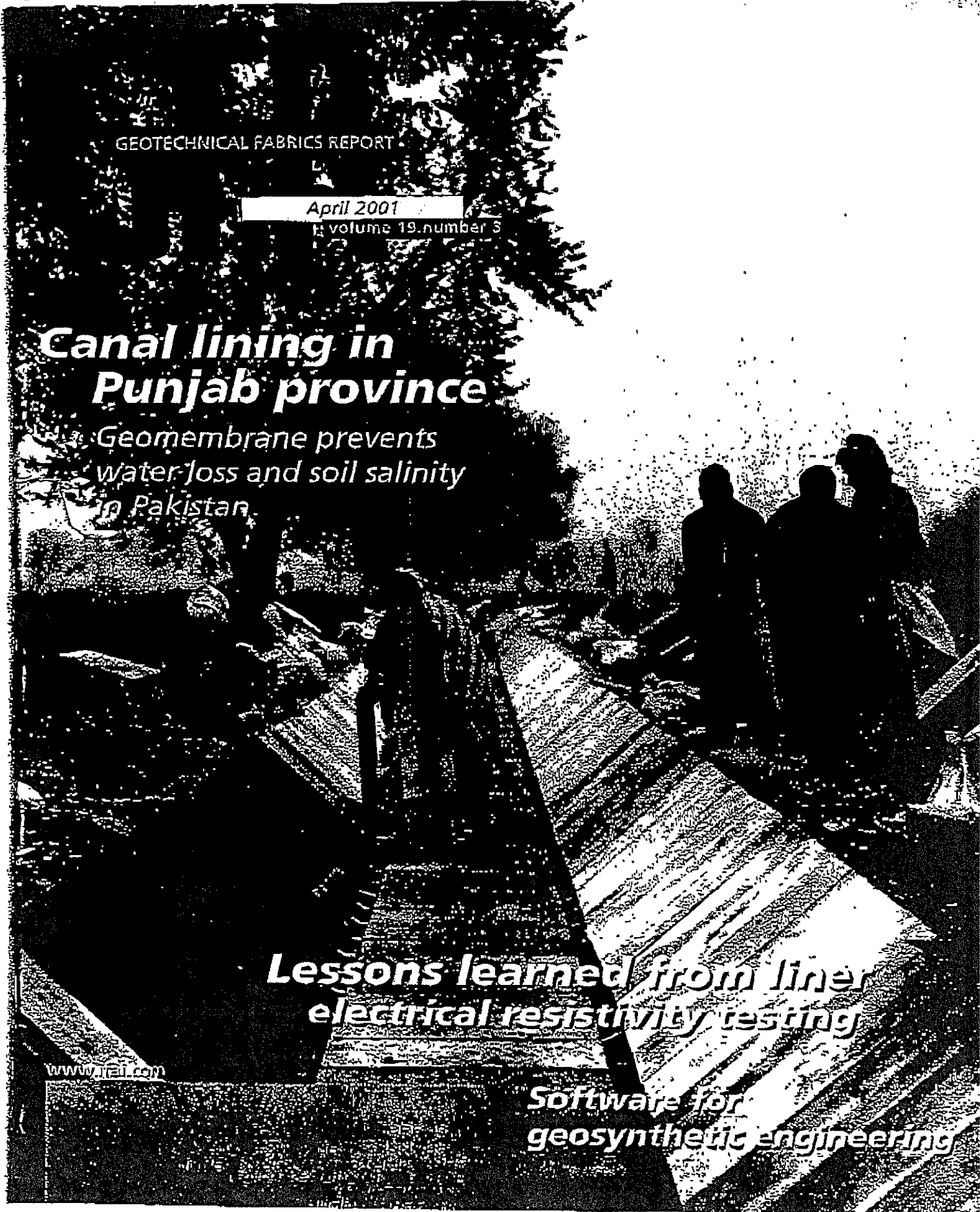
# Canal lining in Punjab province

Geomembrane prevents water loss and soil salinity in Pakistan

## Lessons learned from liner electrical resistivity testing

Software for geosynthetic engineering

[www.gfd.com](http://www.gfd.com)



# Landfill construction quality

Lessons learned from

electrical resistivity testing of geomembrane liners.

Information and data continue to grow demonstrating that the modern double composite lined landfill constructed and operated in accordance with New York State's solid waste management regulations, 6 NYCRR Part 360, is proving to be an environmentally sound method of municipal solid waste disposal. Research has shown that the double liner system, which utilizes properly designed and specified geosynthetic construction materials in a modern landfill's containment system, adequately protects groundwater quality by acting as an effective barrier against leachate migration. Today, the environmental containment system construction industry is becoming more adept at constructing these modern disposal facilities. Improvements in the materials of construction and the equipment used to build landfills are helping contractors to bring these facilities on-line faster and easier than before.

One of the tools being used more frequently by facility owners and construction contractors is electrical resistivity integrity testing. Actual liner system leakage points are found using electrical resistivity to pin-point construction-related defects in a geomembrane during and after completion of liner system construction. In New York State, such testing has been required on occasion. In most of these cases, either the facility owner or construction contractor has called in a leak location service at the time of final construction certification, when it has been determined that the upper liner system's performance threshold is not being met. In these instances, the use of electrical resistivity testing was used to locate the geomembrane defects for subsequent repair, and thus has played a critical role in these facilities

gaining acceptable containment system performance prior to the facility accepting waste.

Data being collected from these integrity surveys not only help to locate liner system damage, but upon materials engineering evaluation of each hole we can learn which activities contribute to defects in geomembrane installations. Thus, we can pinpoint construction activities that tend to cause the most defects. The purpose of this article is to get the word out to landfill designers, specification writers, and contractors that data being collected from electrical resistivity testing surveys can also help us to improve on landfill construction quality.

## How does electrical resistivity testing work?

This leak location process involves the application of an electrical potential difference across the geomembrane. Electric current flows only through holes (possible leaks) in the geomembrane. In a perfect installation with a defect-free geomembrane, the geomembrane itself acts as an insulator between the two electrodes, minimizing the flow of electric current.

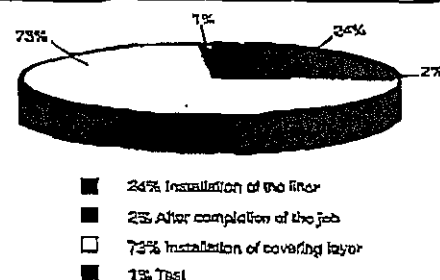
When using mobile survey equipment, the potential gradients in the soil above the liner are measured, using a handheld survey probe. If a hole is present in the geomembrane, the high current density at the hole is indicated by a localized high potential gradient. The maximum potential occurs when one of the survey probe electrodes is placed directly

over the hole. There is no potential gradient when the hole is equidistant between the survey probe electrodes. Thus, the hole location can be pin-pointed.

When permanent installed leak location systems are used, the potential gradients between an electrode above the liner and several electrodes below the liner are triangulated to approximate the hole location. Mobile survey equipment may then be required to locate the hole accurately.

The benefit of this test method is that it can be performed after the geomembrane has been covered with the typical soil or granular drainage layer material. Surveys have been performed successfully on sand, gravel, stone, tire chips (wet), and waste. At this point a hole is still easy to uncover and repair with only about 600 mm (24 in.) of soil material on the geomembrane liner. If care is taken in exhuming and replacing the soil material above the geomembrane, additional damage to the geomembrane is unlikely to occur during the liner repair process. Additional liner damage is also unlikely to occur to the liner due to the subsequent

Figure 1: 1996 leak survey data indicate most damage occurs during covering of geomembranes.



By Robert Phenaut and Ian Peggs

Photo 1: Many leaks occur on extrusion welds at "T" and "Y" joints and around pipe penetrations.



work being performed on top of the 600 mm (24 in.) of soil cover. Conventional construction quality control and construction quality assurance (CQC/CQA) procedures do not allow us to evaluate the success of the final stages of the landfill construction process, but electrical resistivity testing does. Successful surveys (Peggs and McEuen, 2001) have been performed on geomembranes covered by 4.5 m (14.76 ft.) of municipal solid waste (MSW), 5.5 m (18.04 ft.) of heap leach ore, and 1.8 m (59.06 ft.) of industrial sludge waste.

To successfully perform an electrical survey, it is essential that there be an electrically conductive layer on both sides of the geomembrane and an electrically conductive medium through any hole in the geomembrane. Therefore, it is not possible to detect a hole through which water is dripping discontinuously, nor is it generally possible to detect a hole in a geomembrane placed on top of a geonet, unless the geonet is backfilled with water/leachate or there is a strong continuous stream leaking to the secondary sump where the water/leachate can be electrically energized.

It is also generally not possible to perform an electrical leak location survey on a geomembrane barrier used in a landfill final cover system where the geomembrane barrier of the cover system is not welded to the bottom liner. This is due to the fact that the electric current will

flow from the soil under the cap's geomembrane layer to the soil on top of it, essentially short-circuiting around the edge of the geomembrane layer when it is not sealed to the lower liner.

### Are we missing the bigger picture?

As mentioned above, in addition to helping to bring newly constructed and adequately performing containment facilities on-line, data collected from leak location testing are also providing us with meaningful information relative to the cause of these performance-robbing construction-related defects. During technical training events on the need for proper CQC/CQA procedures in the late 1980s and early 1990s, we were told that the majority of geomembrane defects to the liner system occurred during the geomembrane installation process. The underlying basis for this training was an attempt to best ensure quality workmanship in constructing the modern environmental containment system. Through this training, design engineers, facility owners and regulators were informed of the benefits of proper CQC/CQA procedures, reducing the number of liner system defects resulting from facility construction.

With the help of today's integrity surveys, we have an ability to see how successfully our conventional CQC/CQA programs have been working. Collectively two papers, Nasako et al. (1996), and Nasako and Touss-Feltz (2000), summarize the results of more than 300 electrical resistivity leak location surveys which were conducted throughout the world. In total, both of these leak location survey

summaries assessed geomembrane damage found in more than 3,000,000 m<sup>2</sup> (32,290,000 ft.<sup>2</sup>) of geomembrane installations in 11 different countries. The earlier paper assessed the cause and the amount of damage which was imparted to geomembrane installations during different phases of facility construction and post-construction. The second, more recent paper presents information regarding the origin of the geomembrane holes and characterizes the sizes and locations of the holes.

The findings of the referenced papers are eye-opening to say the least, and should be known and clearly understood by those who are designing, constructing or approving CQC/CQA programs for environmental containment facilities. As shown in Figure 1, the 1996 survey data indicate that 24% of damage occurs during geomembrane installation, 73% occurs when soil layers are placed on top of the geomembrane, and 2% occurs during the post construction phase. So, contrary to general perceptions, most damage is not caused by improper seaming. Of the damage that occurs during the initial stage of geomembrane installation, the survey data indicate that:

- 61% of the geomembrane leaks are on extrusion welds at "T" and "Y" joints and/or around pipe penetrations (Photo 1).
- 18% of the damage was caused by overheating and melt-throughs.
- 17% of the defects resulted from stones in the subgrade which punctured the geomembrane.
- 4% of the defects were caused by cuts in the geomembrane which were not noted or repaired during installation.

The information is even more alarming when one realizes that the current state-of-practice relies on extrusion welding to repair destructive seam test locations which are typically required to be cut from every 500 ft. of field seam made. Based on these data, designers should, at a minimum, strive to configure liner system designs which will minimize the need

**Table 1: Locations, causes and frequency of holes.**

LOCATION	CAUSE	FREQ.
FLAT FLOOR	STONES	81%
	HEAVY EQUIPMENT	22%
CORNER, EDGE	STONES	89%
	HEAVY EQUIPMENT	19%
	WELDS	18%
UNDER PIPES	STONES	38%
	WELDS	27%
	HEAVY EQUIPMENT	14%
	WORKER	13%
	CUTS	14%
PIPE PENETRATIONS	WELDS	91%
	WORKER	8%
	CUTS	1%
ROAD, STORAGE STRUCTURE, ETC.	HEAVY EQUIPMENT	43%
	STONES	21%
	WORKER	19%
	WELDS	17%

**Table 2: Size ranges of damage.**

Size of dam. (mm <sup>2</sup> )	Slopes	%	Heavy equipment	%	Welder	%	Worker	%	Total
4-10	332	11.1	-	-	116	43.4	0	0.0	478
15-20	1720	57.0	41	6.3	106	39.0	30	61.0	2037
20-100	843	28.2	97	17.9	30	11.5	70	30.5	1044
>100	50	1.0	486	75.8	15	5.7	-	-	641
Average	2385		854	26%	59	2%	211	6%	414
Total	71,772		25,92%		6,32%		1,41%		5,51%

**Table 3: Holes found in 640,000 m<sup>2</sup> (6,889,000 ft.<sup>2</sup>) uncovered liner.**

Size (mm)	Punctures	Gauges	Cuts	Tears	Burns	Scrapes	Lack of Bond	Scum
<1	10	1	2			1	1	1
2-10	22			1	3	7	4	1
11-20	7	11	7	2		3	2	1
51-100		7	3	1		1		3
101-500	1		1			1		1
501-1m							1	2
>1m						2	1	1
Unknown	6	3		1		2	1	2
Total	50	18	13	5	3	17	10	12
% total	53.2	12.2	9.9	3.8	6.1	13	7.6	8.2

geomembrane to be evaluated after the soil layer is placed. The 1996 leak location survey data indicate that during this stage of construction, as the protective or drainage soil layer is placed above the geomembrane, most of the damage (75%) occurs to the geomembrane. The forensic results of the survey data break down the causes of the damage during this phase of construction as follows:

- 68% of the damage is caused by sharp stones, unacceptable stone size, incorrect techniques of spreading the soil or gravel layer, or no geotextile cushion material being specified to protect the geomembrane.

- 16% of the damage can be attributed to heavy equipment used in spreading the soil or gravel materials on both flat and sloped surfaces. These damage locations often occur at wrinkle/wave locations caused by thermal expansion of the geomembrane and by improper cover soil spreading.

- 16% of the damage results from grade stakes used by the contractor to control the soil layer thickness.

Nosko et al. (1996) also analyzed the early part of the post-construction phase of the waste containment facilities' development. During this phase of facility development, the impacts to the geomembrane can be attributed to the initial placement of waste into the facility for disposal. Conventional CQC/CQA testing is no longer available during this phase of facility development, and typically the disposal facility's operation and maintenance manual will become the guiding document at this time. In New York State, due to the required double liner system and attention to primary (upper) liner system performance monitoring, it is possible to establish an assessment of continued liner system performance after the geomembrane liner has been covered and as the landfill moves into its early stages of operation. However, single-lined landfills have no means other than groundwater monitoring to assess geomembrane integrity after the geomembrane has been covered, unless a leak location assessment is conducted or leak location system

for extrusion welding. This also helps to strengthen the argument made by many that it is essential for us to strive to find an alternative way to measure seam strength nondestructively, such as the infrared thermography method proposed by Degus et al. (1994).

The final stages of construction consist of placing the protective/drainage soil layers above the geomembrane. Typically, conventional CQC/CQA requirements regarding the geomembrane liner at this time cease. However, leak location technologies allow for the integrity of the



### Landfill construction quality

is designed into the liner system. Data from the 1996 survey indicate that this stage of facility development is the least dangerous for the geomembrane. The data indicate that only 2% of the total geomembrane defects can be attributed to the post-construction phase. The breakdown of the causes of damage incurred during the post-construction time period are as follows:

- 67% of the defects were a result from damage caused by trucks or other landfill equipment.

- 31% of the defects were attributed to on-site construction resulting from installation of pipes, drainage systems, sumps, and access roads.

- 2% of the damage was a result of adverse weather and other unplanned calamities, such as fires.

It is interesting to note that the survey data also included a number of test holes in the geomembranes which were made by the facility owners to qualify the leak location service. The survey data indicate that all test holes were located

using the leak location technology. The data indicate that the test holes contributed to approximately 1% of the total damage detected in geomembranes.

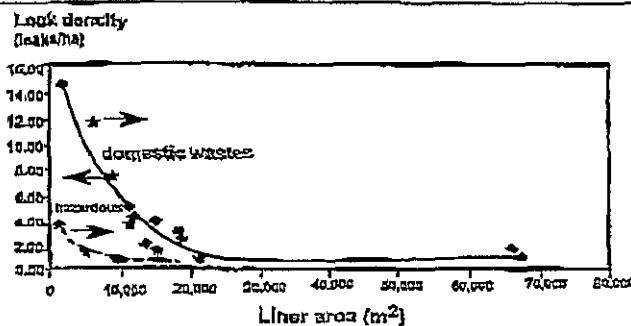
In an update of these liner defect statistics,

Nosko and Touze-Folz (2000) focused more on the location and size of the defects found. This more recent summary shows, surprisingly, that the majority of the defects, 78%, were located on the lower flat surfaces of the liner, while only 9% were found at the corners and edges of the geomembrane (Table 1). This survey also reports that 4% of defects were found under drainage pipes and 2% at pipe penetrations. The

balance, 7%, were found under haul roads, temporary material storage areas, and at concrete structures. On the floor, direct worker damage caused 4% of geomembrane defects.

Table 1 also shows the causes of these leaks. On the floor, at corners, and under drainage pipes, stone punctures were the predominant cause of the defects found, while heavy equipment damage provided the next highest number of defects found

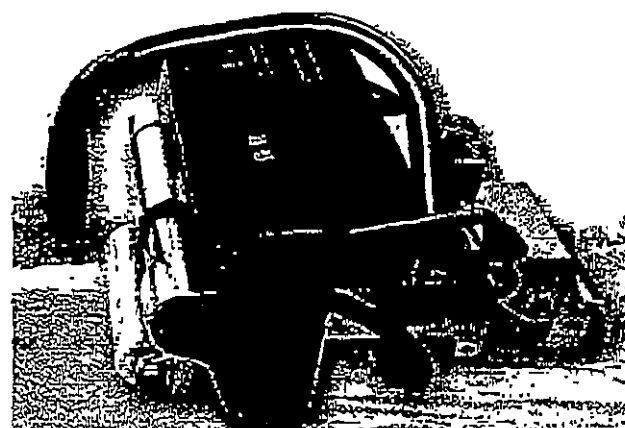
Figure 2: Leak density decreases as facility area increases.



# NEW ASTRO wedge welder

- heavy duty
- designed for field application

## one hand - two functions



### High speed

material thickness 60-120 mil PE-AD  
weight only 30.7 lbs

LEISTER Pipes & Technology

1050 Samen Switzerland

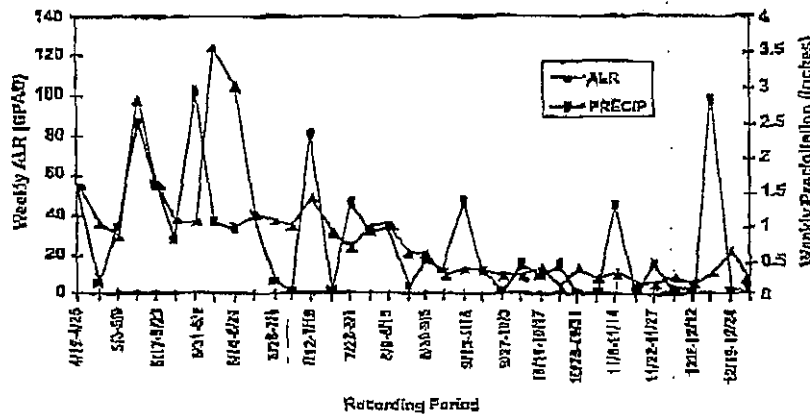
Phone: +41 52 727 777 Fax: +41 52 727 718

FREE information • circle 3212

**Landfill construction quality**

**Figure 3: The consequences of an integrity survey on a new liner.**

**Weekly Average ALRs vs. Weekly Precipitation**



\*Note: Major liner repair completed 8/11/00

on the floor and at the corner locations. Welds were the second highest frequency of causes of defects under the drainage pipe locations. Inadequate (extrusion) welds contributed to 91% of defects found at pipe penetrations. On the floor and in the corner locations, inadequate welds were found to contribute to 20% and 33% of the defects found at these locations, respectively. Stones and heavy equipment generated most of the damage found under the haul roads, storage areas, and at concrete structures.

Nosko and Touze-Foltz (2000) also characterized the sizes of the defects based on the cause of the defect. What they found (Table 2) was that the predominant size of stone-related damage is typically 0.5 to 2.0 cm<sup>2</sup> (0.0775 to 0.31 in.<sup>2</sup>). Damage resulting from heavy equipment resulted in defects larger than 10 cm<sup>2</sup> (1.55 in.<sup>2</sup>). Defects which were caused by faulty welds were typically found to be under 0.5 cm<sup>2</sup> (0.0775 in.<sup>2</sup>) in size, and defects caused from cuts or direct worker damage were found typically to be 0.5 to 2.0 cm<sup>2</sup> (0.0775 to 0.31 in.<sup>2</sup>).

This information, for covered and uncovered liners, can be compared with leaks found by Peggs and McEuen (2001) in a 640,000 m<sup>2</sup> (6,889,000 ft.<sup>2</sup>) uncovered liner as shown in Table 3. This leak distribution of 2 leaks/ha is in agreement with data generated by Rollin (1999), also for covered and uncovered liners. Rollin shows (Figure 2) leak distribution to decrease from about 15/ha to 2/ha as facility area increases beyond about 20,000 m<sup>2</sup> (215,300 ft.<sup>2</sup>).

The consequences of performing an integrity survey on a newly constructed liner in a landfill cell are shown in Figure 3. This was one instance where a leak location survey was required when secondary leachate flow rates were on the order of 60 or 70 gpad (600 and 700 lphd). Upon some repairs being made after the integrity survey, the flow rate was reduced to 7 to 14 gpad (70 to 140 lphd) for precipitation events that had caused much larger rates prior to the repairs being made. Often it is difficult to reduce flow rates to below about 7 gpad (70 lphd), since

**Leaks Can't Hide From LLSI**

Geomembrane Leak Location Services

**Leak Location Services, Inc.**  
 Tel: (210) 408-1241 • Fax: (210) 408-1242  
 16124 University Oak, San Antonio, TX 78249  
 llssi@txds.net • www.txds.net/~llsi

Call us for a FREE brochure!

Geotextiles Fabric Report • April 2001

activity on the liner, particularly an uncovered liner, can cause more damage than is resolved.

Hence, as a result of these electrical resistivity leak location surveys one can grasp a clear practical picture of the causes, the typical size, and the location of geomembrane defects typically incurred during the construction process.

### What the data tell us

The data summarized above indicate that as much as 97% of all geomembrane defects are introduced during the landfill construction process. Thus, one might question the progress made over the years with better seaming equipment, testing methods, and construction procedures. The last item includes the selection of appropriate geomembrane protection systems and cover layer deployment procedures. Fortunately, liner performance and groundwater quality monitoring data indicate that modern landfills are protective of groundwater resources. However, the survey data presented above give us an idea as to where we should focus our efforts to minimize geomembrane installation defects.

With respect to the early phases of construction, the data reveal what many of us already realize—that extrusion welding, particularly at pipe penetrations, is more difficult to complete properly. Landfill designers should try to minimize, to the extent practical, the need for extrusion welding during construction. If extrusion welding is done, either spark testing (with a calibration test) or vacuum box testing should be carefully performed on 100% of all extrusion welded field seams, to ensure that they are defect-free. Even then, electrical methods identify leaks not found during vacuum box testing. This could be attributed to difficulty in performing vacuum box testing on irregularly shaped extrusion welds, where the vacuum box testing misses portions of the extrusion weld.

In one instance a survey was performed over a 1 acre (0.4 ha) area in the vicinity of the sump of a new MSW cell despite a leakage flow rate of less than 20 gpad (200 lphd) through the primary liner A.

For those of you who wait impatiently by the mailbox every month waiting for the next issue of GFR magazine to arrive, just so you can see what the current price we are offering is...we won't disappoint you this month!!!

# US\$0.515/lb.

Want a cheaper price? Come see it at...

[www.steel-dragon.com](http://www.steel-dragon.com)



**Steel Dragon Enterprise Co., Ltd.**

20th Floor, 169 Sung Teh Road  
Taipei, Taiwan, Republic of China

Phone: 8862-2759-7383 / Fax: 8862-2759-7375 / 2759-9627

E-mail: SDEHQ@steel-dragon.com

Certified ISO 9002 by Rheinisch-Westfälischer TUV a.V. (Certification No: 041007457)

FREE information • circle 2054



Geo-Synthetics, Inc. and General Materials are the country's leading source for environmental products and services. We partner with customers to provide cost-effective environmental solutions for a variety of engineering and construction needs.

Whether it's product distribution, fabrication, installation or service, we have the resources, knowledge and personnel to deliver all your project needs. At Geo-Synthetics, Inc. and General Materials, we're your partners for the future.

- Erosion Control
- Geotextiles
- Geogrids
- Geomembranes
- Drainage
- Concrete Accessories
- Fencing
- Masonry
- Waterproofing
- Paving Fabrics



Geo-Synthetics, Inc.

877-950-4GSI  
(877-950-4474)

[www.geo-synthetics.com](http://www.geo-synthetics.com)



General Materials, Inc.

CHARLESTON • CHARLOTTE • CHICAGO • MILWAUKEE  
MINNEAPOLIS • PHOENIX • RALEIGH

FREE information • circle 2055

## Landfill construction quality

depth stake was found to be penetrating the primary geomembrane, but the underlying GCL was functioning properly to seal the leak. Thus, the electrical technology can locate liner damage that does not result in an active leak.

Perhaps the most striking conclusion from the compilation of leak location survey data is that, ironically, most of the construction-related defects are caused by placement of the protective/drainage soil materials on top of the geomembrane liner. Therefore, the CQC/CQA procedures and soil material specifications need to better address how we place protective or drainage soils on geomembranes in the field. Even in cases where cushion geotextiles are used to protect the geomembranes, the construction contractor still has to be aware that significant damage can occur if his equipment operators are not careful and if the geotextile is not adequately robust. Even in the flat areas of the landfill, waves in the geomembrane increase the potential for damage from earthmoving equipment placing soil layers. Therefore, the construction specifications should demand attention to proper wave management by the geomembrane installer. Grade stakes still persist as a common cause of geomembrane defects—survey crews need to be apprized of the concern for the geomembrane and/or use of laser grade controls needs to be specified in construction contracts.

The post-construction time period data indicated that geomembranes were damaged the least during this time. However, in an attempt to minimize geomembrane defects, landfill operators still need to caution their heavy equipment operators and those who use the landfill regarding the importance of minimizing liner system defects. Generally this will involve adherence to the facility's operation manual. Landfill operations have been referred to as "guerrilla activity" and consideration must be given to the frailties of a new liner system under operation of heavy equipment.

At present, leaks cannot be located in secondary liners once the primary geomembrane has been installed. Leaks on slopes cannot be found when there is only a geonet/geotextile composite between the primary and secondary liners—in this case there is not a required electrically conductive layer immediately below the geomembrane. When this situation occurs on the floor of a lining system, the composite layer can be backfilled with water to provide the conductive medium.

## Conclusion

The use of summarized electrical resistivity leak location data allows us to take a focused proactive approach to improving upon the quality of environmental containment system construction. This focused approach should include the following considerations:

- Designers, specifiers and installers need to minimize extrusion welded seams. Consideration should be given to the configuration of necessary extrusion welds to ease non-destructive testing, especially in critical containment areas such as pipe penetrations.

- Specifications should call attention to the need for taking more care with extrusion bead stop/starts and at "T" junctions. These locations should also be the subject of careful non-destructive testing of the entire weld.

- Designers need to properly specify cushion geotextiles with respect to the characteristics of soil or stone called for in the containment system design (Jones et al. 2000).

- Construction specifications need to be written requiring more care be taken with the placement of drainage stone or other cover soil layers above geomembranes.

- Construction specifications and operational plans should be written to emphasize the need for taking more care with the operation of equipment (depth of grade stakes to heavy equipment used to place and compact solid waste) on the cover soil, particularly at the toes of the containment system's slope.

- Consideration should be given to the use of electrical integrity surveys after the placement of protective cover soil or drainage stone. At a minimum, critical containment areas, such as pipe penetrations and sumps, could be selectively targeted for electrical surveys as a part of the final construction certification process.

## References

- Jones, D.R.V., Shercliff, D.A., Dixon, N. 2000. "Difficulties Associated with the Specification of Protection Geotextiles Using Only Unit Weight." *Proceedings of the Second European Geosynthetics Conference*. Bologna, Italy. 551-555.
- New York State Department of Environmental Conservation. *6 NYCRR Part 360 Solid Waste Management Facilities, Title 6 of the Compilation of Codes, Rules and Regulations, Subpart 360-2 Landfills*.
- Nosko, V., Andrezal, T., Gregor, T., Ganier, P. 1996. "SENSOR Damage Detection System (DDS) - The Unique Geomembrane Testing Method." *Geosynthetics: Applications, Designs and Construction. Proceedings of the First European Geosynthetics Conference, EuroGeo 1*. Rotterdam, Netherlands. 743-748.
- Nosko, V., and Touze-Foltz, N. 2000. "Geomembrane Liner Failure: Modeling of its Influence on Containment Transfer." *Proceedings of the Second European Geosynthetics Conference*. Bologna, Italy. 557-560.
- Othman, M.A., R. Bonaparte, B.A. Gross. 1996. "Preliminary Results of Survey of Composite Liner Field Performance." *Proceedings of the 10th Geosynthetic Research Institute Conference*. Philadelphia, Pa. 110-137.
- Peggs, J.D., Miceli, G.F., McLeorn, M.E. 1994. "Infrared Thermographic Nondestructive Testing of HDPE Geomembranes Seams." *Proceedings of Fifth International Conference on*

*Geotextiles, Geomembranes and Related Products, IGS Singapore, 941-944,*

Peggs, I.D., and McEuen, R. 2001. "Three Challenging Electrical Integrity/Leak Surveys on Uncovered and Deep Waste-Covered Liners." *Proceedings of the Geosynthetics Conference 2001*. Roseville, Mn., USA, 245-262.

Rollin, A.L., Marcotte, M., Jacquelin, T., Chaput, L. 1999. "Leak location in exposed geomembrane liners using an electrical leak detection technique." *Proceedings of the Geosynthetics conference, 1999*. Roseville, MN, USA. 615-626.

Robert Pharauf, P.E., is environmental engineer 3 with the New York State Department of Environmental Conservation.

Jan Peggs, Ph.D., P.E., P. Eng., is president of I-Corp International Inc.

**Dam it? No! Let it Flow** US Pat. 5957213

# EnviroBerm

**Porous Sediment Control System**



- Easy to install
- Reusable
- UV Resistant

Sediment control that minimizes ponding and maximizes vegetation and growth.

Handles over 8% grades and extreme flow volumes and speeds effortlessly. Will not blow out.

Distributors throughout North America. For further information contact:

**Geotechnical Inc**  
**Cascade**  
Product of Cascade built on experience, exceeding with technology

15620 - 221 A Avenue, Edmonton, Alberta T5V 1B5  
 780-434-2400, Fax: 780-451-0911, 1-800-543-6130  
 E-mail: [enl@cascade.ab.ca](mailto:enl@cascade.ab.ca)  
 Web Site: [www.cascade.ab.ca](http://www.cascade.ab.ca)

FREE Information • circle 2148

Join **NAGS** and be a part  
 of the **Geosynthetics**  
 professional community

Expertise Directory Awards of Excellence Student Paper Competition Geosynthetics Conference



**Membership benefits:**

- subscription to the Geotechnical Fabrics Report (GFR)
- discounts on conferences and publications
- membership in the International Geosynthetics Society (IGS)
- issues of the IGS newsletter
- copy of the IGS Directory

For membership information, contact Seth Hunglyville, NAGS managing director, at 651/225-6952, 600/225-4324 or e-mail [blhunglyville@nita.com](mailto:blhunglyville@nita.com). Visit [www.nagsigs.org](http://www.nagsigs.org), the official Web site of the North American Geosynthetics Society.