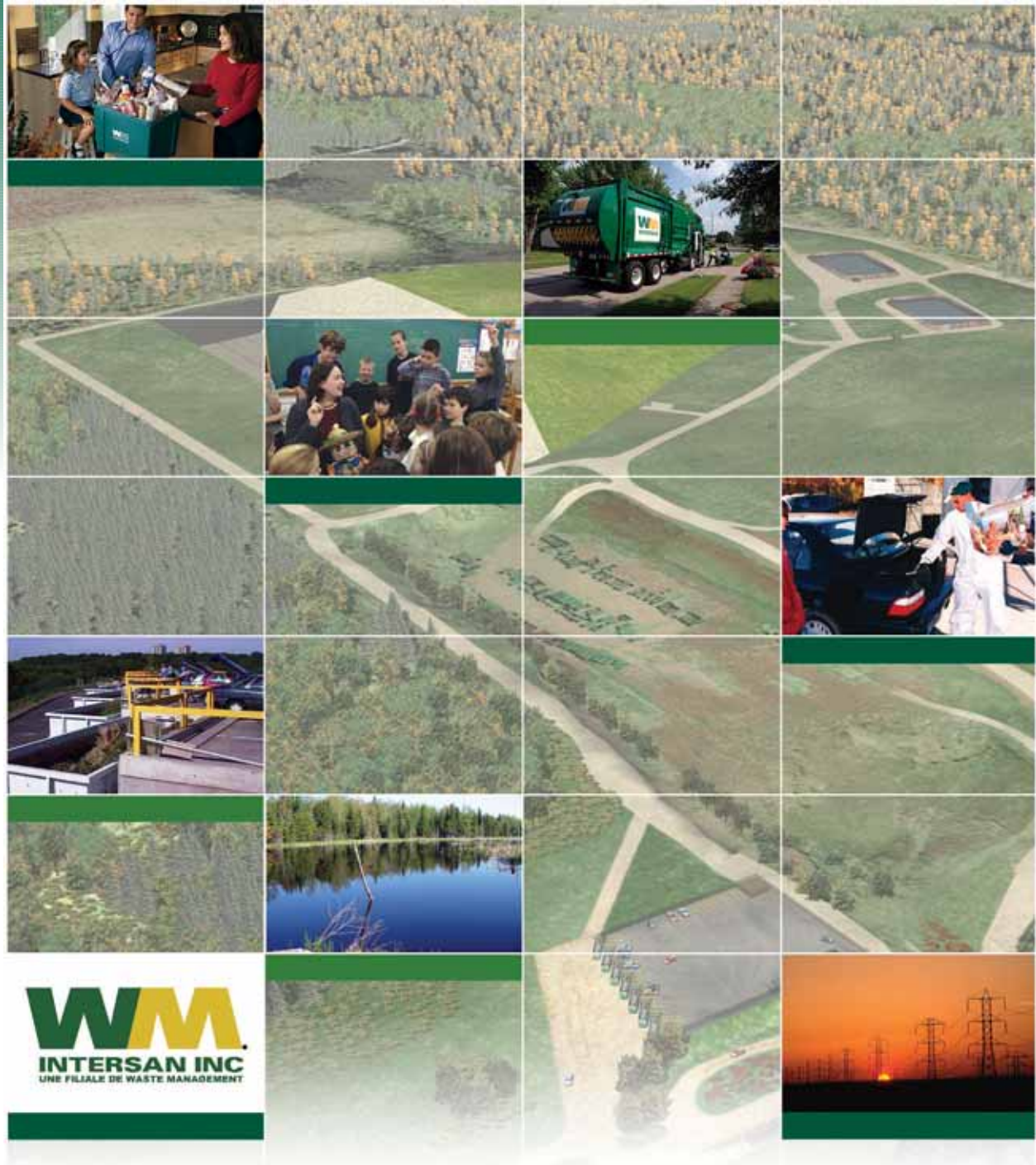


# Projet d'agrandissement du lieu d'enfouissement technique de Magog ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE



**Rapport final**  
(Novembre 2005)



---

**Projet d'agrandissement  
du lieu d'enfouissement technique de Magog  
ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE**

*HB4170-00-01*

***Rapport final***

*Novembre 2005*

## **PARTIE 1 : ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE**

## TABLE DES MATIÈRES

### PARTIE 1 : ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1	MANDAT .....	1
1.2	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE .....	1
<b>2.</b>	<b>TRAVAIL EFFECTUÉ ET MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>3</b>
2.1	TRAVAUX ANTÉRIEURS .....	3
2.2	TRAVAUX DE CARACTÉRISATION EFFECTUÉS .....	3
2.3	MÉTHODOLOGIE DE SONDAGE, CONSTRUCTION DE PUIITS ET ÉCHANTILLONNAGE .....	5
2.3.1	Tranchées.....	5
2.3.2	Localisation des puits d'observation .....	5
2.3.3	Forage.....	5
2.3.4	Installation des puits d'observation .....	6
2.3.5	Échantillonnage de l'eau souterraine.....	7
2.4	PROGRAMME D'ESSAIS SUR LE TERRAIN ET EN LABORATOIRE .....	7
2.4.1	Essais dans les puits d'observation.....	7
2.4.2	Relevé piézométrique.....	7
2.4.3	Arpentage.....	9
2.4.4	Analyses chimiques .....	9
2.4.5	Analyses granulométriques .....	9
2.4.6	Programme d'assurance et de contrôle de la qualité.....	9
<b>3.</b>	<b>DESCRIPTION DU TERRAIN.....</b>	<b>10</b>
3.1	SITUATION ET PHYSIOGRAPHIE .....	10
3.1.1	Situation et occupation du territoire .....	10
3.1.2	Physiographie .....	10
3.2	HYDROLOGIE .....	11
3.3	GÉOLOGIE .....	12
3.3.1	Dépôts meubles.....	12
3.3.2	Socle rocheux.....	18

**TABLE DES MATIÈRES (suite)**

<b>3.4</b>	<b>HYDROGÉOLOGIE</b> .....	18
3.4.1	Hydrostratigraphie .....	18
3.4.2	Propriétés hydrauliques des formations .....	19
3.4.3	Piézométrie .....	20
3.4.4	Écoulements souterrains .....	24
<b>3.5</b>	<b>QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE</b> .....	25
3.5.1	Dépôts meubles .....	27
3.5.2	Socle rocheux .....	29
<b>3.6</b>	<b>UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE</b> .....	32
<b>4.</b>	<b>ÉVALUATION DES CONDITIONS SUR LE SITE</b> .....	34
4.1	MODÈLE CONCEPTUEL D'ÉCOULEMENT .....	34
4.2	ÉVALUATION DE L'IMPACT POTENTIEL SUR L'EAU SOUTERRAINE .....	35
4.2.1	Transport potentiel des solutés .....	35
4.2.2	Utilisation de l'eau souterraine et utilisateurs potentiels .....	35
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS</b> .....	37
<b>6.</b>	<b>RÉFÉRENCES</b> .....	39

## **LISTE DES TABLEAUX**

- Tableau 1 : Niveaux de l'eau souterraine  
Tableau 2 : Conductivités hydrauliques observées  
Tableau 3 : Gradients hydrauliques observés au LET le 27 juin 2005  
Tableau 4 : Écoulement de l'eau souterraine dans le till et le roc au LET  
Tableau 5 : Sommaire des données sur la chimie de l'eau souterraine  
Tableau 6 : Valeur référence de la qualité de l'eau souterraine  
Tableau 7 : Qualité de l'eau souterraine au LET – 2005

## **LISTE DES FIGURES**

- Figure 1 : Carte de localisation du site à l'étude  
Figure 2 : Plan de localisation des travaux de terrain (mai 2005)  
Figure 3 : Coupe stratigraphique A-A'  
Figure 4 : Coupe stratigraphique B-B'  
Figure 5 : Carte épaisseur du mort-terrain  
Figure 6 : Carte topographique du roc  
Figure 7 : Unités stratigraphiques présentes à la surface  
Figure 8 : Carte piézométrique des dépôts meubles  
Figure 9 : Carte piézométrique de l'aquifère de roc  
Figure 10 : Géochimie des eaux souterraines dans le till  
Figure 11 : Géochimie des eaux souterraines dans le roc  
Figure 12 : Localisation des puits d'approvisionnement dans un rayon de 2 km du LET

## **LISTE DES APPENDICES**

- Appendice A : Fiches de description des tranchées et forages  
Appendice B : Essais de perméabilité et information de purge  
Appendice C : Analyses granulométriques  
Appendice D : Certificats d'analyses chimiques

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 MANDAT

Intersan prépare une demande de certificat en vue de l'aménagement d'un lieu d'enfouissement technique (LET) auprès du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) sur le lot 10A et 10B, rang XIII. Le site du LET proposé est adjacent et sur la même propriété que le LES Bestan en exploitation depuis 1970 (**Figure 1**).

Envir-Eau inc. a été mandatée par Intersan afin de préparer une étude hydrogéologique et géotechnique du terrain proposé pour le LET de Magog. Le LET sera intégré au Centre de Valorisation Environnementale des Résidus (CVER) et sera opéré selon les modalités décrites dans le *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des Matières Résiduelles* (REIMR).

Le présent rapport est divisé en deux parties, soit l'étude hydrogéologique en première partie et l'étude géotechnique en partie 2.

### 1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE

L'étude hydrogéologique a été réalisée dans l'esprit du REIMR en suivant les guides publiés par le MDDEP.

Cette étude vise à déterminer les conditions du sous-sol en vue de la conception du LET proposé. La caractérisation effectuée vise à documenter les propriétés géotechniques et hydrogéologiques du terrain requises pour être en mesure de concevoir, construire et opérer un lieu d'enfouissement technique (LET). L'étude hydrogéologique permet de définir les conditions d'écoulement et la qualité de l'eau souterraine dans le terrain et d'établir les relations éventuelles avec le LES adjacent. L'étude présente aussi les relations entre les conditions locales et régionales dans les écoulements souterrains et la qualité d'eau. Dans le contexte de l'exploitation future, cette étude fournit aussi l'information requise pour la préparation du programme de suivi de l'eau de surface et souterraine en conformité avec le REIMR.

## 2. TRAVAIL EFFECTUÉ ET MÉTHODOLOGIE

### 2.1 TRAVAUX ANTÉRIEURS

Au cours des 15 dernières années, de nombreuses études ont été réalisées traitant du contexte géologique, hydrogéologique et hydrique au lieu d'enfouissement LES Bestan. Une liste détaillée des principales études est présentée en référence et les rapports de sondage et construction de puits sont reproduits en **Appendice A**. De plus, un relevé des puits privés d'alimentation en eau potable a été réalisé par Dessau-Soprin en 2002.

### 2.2 TRAVAUX DE CARACTÉRISATION EFFECTUÉS

Les travaux de sondages et forages ont été réalisés afin de déterminer les caractéristiques hydrogéologiques du terrain à l'étude. Tous les travaux de forage et d'échantillonnage ainsi que les manipulations de sol et de roc ont été réalisés sous la supervision du personnel d'Envir-Eau.

La caractérisation du site du LET proposé a compris :

- La réalisation de sept tranchées d'exploration (TP1 à TP7) le long des limites sud, ouest et est du site;
- La réalisation de neuf forages convertis en puits d'observation;
- Des essais de perméabilité et des mesures de niveau d'eau;
- Le prélèvement d'échantillons d'eau souterraine pour analyses chimiques;
- Un programme de caractérisation des sols en laboratoire a également permis d'obtenir des informations complémentaires sur les propriétés physiques des sols;
- De plus, six forages géotechniques réalisés au pourtour du site fournissent des informations géologiques.

Les positions des sondages et puits sont présentées à la **Figure 2**.



## 2.3 MÉTHODOLOGIE DE SONDAGE, CONSTRUCTION DE PUIITS ET ÉCHANTILLONNAGE

### 2.3.1 Tranchées

Des tranchées ont été excavées en vue d'intercepter le toit du rocher ou la nappe d'eau dans les dépôts de surface. Les travaux ont été réalisés le 3 mai 2005 à l'aide d'une pelle rétrocaveuse d'Intersan sous la supervision du personnel d'Envir-Eau. Les tranchées d'exploration ont été effectuées jusqu'à une profondeur maximale de 4,6 m. Les observations recueillies ont été colligées sur des fiches de description présentées à l'**Appendice A**.

### 2.3.2 Localisation des puits d'observation

Quatre puits d'observation avaient été installés sur le terrain lors d'études antérieures. En raison des particularités hydrogéologiques du terrain, neuf nouveaux puits ont été installés. Trois puits à double niveau ont été installés au centre, au nord et à l'ouest du LET dans les dépôts meubles et le roc. Pour chacune des installations, un puits d'observation est installé par trou de forage, soit un dans les dépôts meubles et un dans le roc. Un nid de puits a été installé au coin sud-est du LET dans les dépôts meubles et un puits individuel au sud-est du LET près d'un existant. Le nombre de puits ainsi en place surpasse confortablement le minimum requis par le REIMR, soit un minimum de six forages pour un site de 11,2 ha de superficie. La localisation des puits est présentée à la **Figure 2**.

### 2.3.3 Forage

Les conditions difficiles d'accès ont nécessité l'utilisation de deux foreuses pour réaliser les sondages. Une série de forages a été réalisée à l'aide d'une foreuse CME75 montée sur chenillette de la compagnie les Forages de Montréal. Les forages MW-2B, MW-17A/B et MW-18A ont été réalisés du 10 au 16 mai et MW-20A/B les 20 et 21 juin 2005. Ces forages ont été réalisés dans les dépôts meubles principalement à l'aide d'une tarière à âme creuse, et en partie par avancement de tubage HW et tricône jusqu'à 0,6 m dans le roc.

La tarière creuse utilisée avait 114 mm de diamètre intérieur et 200 mm de diamètre extérieur. Les échantillons de sol de 600 mm ont été prélevés en continu en utilisant une cuillère fendue « Standard » (calibre B ou 38 mm de diamètre externe). Les indices de pénétration ont été notés lors de l'enfoncement de la cuillère fendue. Le roc a été carotté au diamant avec eau pour refroidissement en calibre HQ (carotte de 63 mm). A MW-20B, le till dense et le début du roc ont été foncés à l'aide de tubage et tricône de calibre 102 mm. L'eau de forage a été prélevée dans des excavations temporaires aménagées près des puits à forer. Le forage dans le roc à MW-2B a nécessité l'utilisation d'eau provenant du puits du garage.

Une deuxième série de forages a été réalisée à l'aide d'une foreuse de puits de type T3W de la compagnie F. Lapointe et fils inc. de Magog. Les forages MW-18B, MW-19A et B ont ainsi été réalisés du 4 au 12 mai 2005. Le forage dans les dépôts meubles et le roc a été réalisé en rotary à air et circulation d'eau avec tricône au carbure. Dans les dépôts meubles, un trépan de 152 mm a été utilisé. Le roc a été foncé avec le même trépan sur une distance de près de 2 m. Un coulis de ciment bentonite a été mis en place pour combler le fond du trou sur près de 2 m dans le roc et 0,5 m dans les dépôts meubles sus-jacents. Après un minimum de 24 heures de repos, le bouchon de ciment et le reste du roc a été foré avec un trépan de 127 mm de diamètre, laissant une collerette de ciment. L'eau du puits du garage a été utilisée pour cette série de forages, à l'exception du premier réservoir dont l'eau provenait du puits des foreurs.

#### 2.3.4 Installation des puits d'observation

Les trous de forage ont été équipés d'un tubage en chlorure de polyvinyle (CPV) d'un diamètre de 51 mm à joints vissés et une crépine de même matériau, avec bouchon de fond. Ces matériaux avaient été certifiés exempts de tout contaminant et emballés individuellement par le fabricant. Un massif filtrant en sable de silice propre a été placé autour de chaque crépine jusqu'à au moins 0,3 m et au maximum 0,9 m au-dessus de la crépine. Un bouchon scellant d'environ 1,0 m d'épaisseur au-dessus du massif filtrant a été constitué de bentonite granulaire dans l'espace annulaire. Le scellement des puits a ensuite été complété par la mise en place d'un coulis de ciment bentonite à l'aide d'une trémie jusqu'en surface. L'installation des puits est complétée par l'ajout d'un tube protecteur en métal ou PVC en surface. Au puits MW-20A où le forage avait pénétré le rocher, le till a été isolé du roc par la mise en place d'un bouchon de bentonite granulaire, une pause de une demi-heure durant l'installation visait à permettre le gonflement de la bentonite avant de poursuivre. Un coussin de sable de silice de 0,3 m a été placé au-dessus du bouchon de bentonite avant la pose de la crépine. Les détails des installations sont présentés sur les fiches de forage à l'**Appendice A**. Le **Tableau A.1** à la fin de cet appendice, présente les données générales sur les puits nouvellement installés au LET.

Après l'installation, un tube de polyéthylène équipé d'une pompe manuelle à soupape dédiée a été installé dans chaque puits pour permettre la purge et l'échantillonnage. Les puits ont par la suite été développés puis purgés pour l'échantillonnage.

### 2.3.5 Échantillonnage de l'eau souterraine

La méthodologie d'échantillonnage a été la suivante (en accord avec les recommandations du MDDEP) :

- Les puits ont été purgés d'au moins trois fois leur volume afin de s'assurer que l'eau collectée est représentative des conditions géochimiques du terrain hors de la crépine;
- Des gants de nitrile neufs ont été utilisés pour prendre les échantillons à chaque puits;
- Les échantillons d'eau souterraine ont été prélevés dans des contenants fournis par le laboratoire;
- Tous les échantillons ont été conservés dans une glacière avant d'être soumis pour analyse au laboratoire dans les délais prescrits.

## 2.4 PROGRAMME D'ESSAIS SUR LE TERRAIN ET EN LABORATOIRE

### 2.4.1 Essais dans les puits d'observation

Des essais à niveaux remontants ont été réalisés dans les puits afin d'évaluer la conductivité hydraulique au droit des crépines. La méthode consistait à retirer un volume d'eau du puits et enregistrer la remontée du niveau d'eau. La remontée a été mesurée à l'aide d'une sonde de niveau d'eau de type Solinst<sup>TM</sup> et d'un chronomètre. L'interprétation des résultats a été effectuée selon la méthode de Hvorslev (1951). Les résultats sont présentés à l'**Appendice B**.

Le 17 juin 2005, le puits MW-2B a été purgé à l'aide d'une pompe submersible Rediflo2. Un total de 265 L d'eau a été purgé en continu en 105 minutes. Suite à cette purge, la remontée du niveau d'eau a été mesurée. L'interprétation de ces données résulte en une conductivité hydraulique de  $1,3 \times 10^{-4}$  cm/s, soit une valeur semblable à celle obtenue en mai 2005 lors de l'essai de perméabilité ( $1,5 \times 10^{-4}$  cm/s). Le niveau d'eau après pompage demeure près de la surface du sol.

### 2.4.2 Relevé piézométrique

Les niveaux d'eau de tous les puits accessibles sur le futur LET et le LES Bestan ont été mesurés les 18 mai, 23 et 27 juin 2005 et sont présentés au **Tableau 1**. Les données de mesure et l'information prélevée lors de la purge sont compilées à l'**Appendice B** à la suite des essais de perméabilité.

**Tableau 1 : Niveaux de l'eau souterraine**

Puits	Margelle <sup>1</sup> de PVC (m)	Élévation du terrain	Profondeur du puits (m)	Élévation de l'eau (m)		
				18 mai 2005	23 juin 2005	27 juin 2005
<b>Puits aménagés dans les dépôts meubles</b>						
MW-2	292,64	291,98	9,15	291,81	291,88	291,79
MW-4	269,23	268,61	7,55	268,53	268,60	268,52
MW-5	277,73	276,85	5,25	276,12	276,11	275,95
MW-6A	292,02	290,86	4,29	290,75	290,60	290,17
MW-8	291,43	290,52	19,00	273,10	273,35	273,41
MW-11	277,39	276,60	8,00	272,82	273,01	273,00
MW-12	282,86	281,95	14,28	273,11	273,29	273,34
MW-13	290,06	289,15	25,00	273,20	273,33	273,36
MW-15	285,22	284,51	14,45	274,27	274,49	274,54
MW-16A	269,92	278,69	3,25	268,90	268,28	268,64
<i>MW-17A</i>	<i>275,92</i>	<i>275,39</i>	<i>2,62</i>	<i>275,03</i>	<i>275,03</i>	<i>274,88</i>
<i>MW18-A</i>	<i>285,72</i>	<i>284,87</i>	<i>7,57</i>	<i>278,41</i>	<i>278,36</i>	<i>278,37</i>
<i>MW19-A</i>	<i>282,91</i>	<i>282,19</i>	<i>16,59</i>	<i>273,41</i>	<i>273,58</i>	<i>273,65</i>
<i>MW-20A</i>	<i>292,35</i>	<i>291,53</i>	<i>7,86</i>	-	<i>291,13</i>	<i>290,80</i>
<i>MW-20B</i>	<i>291,97</i>	<i>291,41</i>	<i>3,30</i>	-	<i>291,14</i>	<i>290,83</i>
E-1A	279,41	278,59	14,65	272,56	272,75	272,75
E-2	286,40	285,71	18,28	273,73	273,80	273,85
E-3	284,04	282,88	14,75	272,84	273,13	273,19
PU-2	275,36	274,75	5,00	273,09	273,23	273,06
PU-4	272,06	270,74	3,00	269,95	269,96	269,88
B-1	283,25	282,28	16,85	273,26	273,37	273,47
<b>Puits aménagés dans le rocher</b>						
<i>MW2-B</i>	<i>292,78</i>	<i>291,98</i>	<i>18,85</i>	<i>292,23</i>	<i>291,76</i>	<i>291,58</i>
MW-3	285,06	284,30	8,38	281,66	281,68	281,64
MW-6B	291,66	290,81	6,72	290,82	290,66	290,24
MW-7	275,67	274,58	5,88	274,58	274,40	273,99
MW-10	269,34	268,58	6,76	268,17	268,29	268,28
MW-16B	269,71	269,06	14,05	268,83	268,21	268,67
MW-16C	270,07	269,19	5,00	268,91	268,86	268,64
<i>MW17-B</i>	<i>276,28</i>	<i>275,48</i>	<i>8,10</i>	<i>275,15</i>	<i>275,12</i>	<i>274,98</i>
<i>MW18-B</i>	<i>285,87</i>	<i>284,87</i>	<i>10,37</i>	<i>278,44</i>	<i>278,40</i>	<i>278,42</i>
<i>MW19-B</i>	<i>283,05</i>	<i>282,08</i>	<i>18,37</i>	<i>273,48</i>	<i>273,54</i>	<i>273,60</i>
E-1B	279,41	278,59	30,90	272,56	272,77	272,75
<b>Puits aménagés au contact Roc/dépôts meubles</b>						
MW-1A	293,99	293,06	13,50	282,87	283,11	283,13
PU-1	290,26	289,29	4,45	288,19	288,37	288,14
PU-3	281,21	279,79	9,40	274,88	275,07	274,92
PU-5	286,44	285,35	3,80	284,75	284,85	284,62

Note : *puits en italique et gras* : nouveau puits pour le LET

### 2.4.3 Arpentage

L'arpentage a été réalisé en deux sessions les 19 mai et 28 et 29 juin 2005 suite à l'installation des deux séries de puits d'observation. L'arpentage des puits d'observation a été effectué à l'aide d'un système GPS trimble 5700 et station totale par Lasertech inc. en référence géodésique.

### 2.4.4 Analyses chimiques

Les analyses ont été effectuées au laboratoire Maxxam Analytique Inc. à Montréal, Québec. Les échantillons d'eau souterraine ont été soumis à l'analyse des ions majeurs (Na, K, Mg, Ca, Cl, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub> et SO<sub>4</sub>) afin de déterminer les signatures géochimiques de l'eau sous le terrain.

### 2.4.5 Analyses granulométriques

Outre les analyses faites pour l'étude géotechnique, neuf analyses granulométriques et teneur en eau ont été réalisées au laboratoire GMM Consultants inc. de Gatineau. Les résultats sont présentés à l'**Appendice C**.

### 2.4.6 Programme d'assurance et de contrôle de la qualité

Le contrôle de qualité du laboratoire lors de la séance d'analyses de l'eau souterraine incluait un blanc de laboratoire, un duplicata ainsi que des récupérations d'étalons analogues. L'ensemble de ces vérifications suggère une fiabilité des résultats analytiques fournis.

### 3. DESCRIPTION DU TERRAIN

#### 3.1 SITUATION ET PHYSIOGRAPHIE

##### 3.1.1 Situation et occupation du territoire

Le LET proposé est situé au 1994, Chemin d'Ayer's Cliff à 5,2 km au sud de la municipalité de Magog via la route 141 sud. La superficie proposée pour le LET est de 11,2 hectares. La propriété d'Intersan occupe une superficie de 216 ha dont 20 ha sont occupés par l'enfouissement LES Bestan. Le LET proposé est situé au sud-est du LES Bestan en opération depuis 1970. La plus grande partie de l'enfouissement est terminée et a fait l'objet de recouvrement final avec une mise en place de végétation durant les dernières années. Un banc d'emprunt de matériau granulaire est situé sur la propriété au nord du LET et à l'est du LES. La **Figure 1** montre l'emplacement du LET proposé et de la propriété d'Intersan dans la région.

La propriété d'Intersan comprend les lots 9A, 9B, 10A, 10B, 11A partie sud, 11C et 11D du rang XIII et le lot 11A du rang XII du canton de Hatley sur le territoire de la municipalité de Magog. Une carte du site présentant la topographie générale du site, la localisation des édifices ainsi que les limites du terrain est présentée à la **Figure 2**.

Dans un rayon de 2 km autour du LET, le territoire est occupé par des zones agricoles avec une forte proportion de boisés et des parcelles résidentielles. Les plus proches résidences sont situées à environ 500 m du LET. Le terrain du LET proposé est bordé au nord-ouest par le LES Bestan, à l'ouest par les installations de traitement du lixiviat et au sud et à l'est par des boisés et champs. Les résidences se trouvent à l'est du site le long du chemin d'Ayer's Cliff (route 141) et du chemin de Fitch Bay orientés nord-sud.

##### 3.1.2 Physiographie

La topographie régionale est vallonnée et le LET est situé sur le flanc ouest d'une colline évasée orientée nord-sud dont le point culminant à l'élévation 294 m est situé à moins de 300 m de la limite proposée. Au coin nord-ouest du LET, le roc affleure dans un fossé de drainage délimitant le site. Le point le plus élevé du terrain du LET proposé se trouve à la cote 293 m alors que son point bas est à la cote 272,5 m dans le fossé.

Le plateau de la partie sud-est du terrain du LET est parsemé de petites dépressions permettant l'accumulation d'eau et recouvert d'une végétation typique d'un milieu humide. Le centre du terrain est occupé par une clairière en pente vers l'ouest. Au nord-ouest, la surface est dénudée et le roc est exposé dans le fossé de bordure. Le LES Bestan s'étend au nord-ouest de ce fossé. Le banc d'emprunt du LES s'étend sur 350 m par 150 m au nord du LET.

Le banc d'emprunt fournit un matériel granulaire avec cailloux et blocs dans une matrice de fins pour les besoins du LES. Un étang occupe en permanence le fond de l'excavation à l'extrémité nord à une élévation de 274,74 m (le 17 juin 2005).

### 3.2 HYDROLOGIE

La propriété d'Intersan chevauche le partage des eaux entre le bassin de drainage du lac Lovering au sud et la rivière Magog au nord. La ligne de partage des eaux est située approximativement à la limite des lots 11C et 11D sur la propriété (**Figure 2**). Le LES Bestan chevauche cette ligne de partage alors que le LET proposé est situé au sud de la ligne, donc entièrement dans le bassin de drainage du lac Lovering. Le drainage de la partie sud de la propriété d'Intersan se fait vers le sud par un fossé aménagé au centre du terrain. Le site du LET proposé est situé à l'est de ce fossé alors que le LES Bestan est situé à l'ouest.

Aucun cours d'eau ne traverse la surface du terrain proposé pour le LET et aucune accumulation d'eau permanente n'y est observée. On note cependant des accumulations temporaires dans la partie plane du terrain au sud-est. De petits fossés captent le ruissellement lors de la fonte des neiges et des fortes pluies. Ces fossés s'écoulent vers l'ouest et se jettent dans le grand fossé longeant le chemin d'accès séparant le LET du LES. Ce fossé s'écoule vers un bassin de sédimentation aménagé dans la partie sud du terrain d'Intersan. L'effluent de ce bassin s'écoule vers un marécage et un étang (l'étang aux Castors) d'une superficie approximative de 2 ha situé à la limite sud de la propriété d'Intersan.

La superficie de la propriété d'Intersan située dans le bassin de drainage du lac Lovering est de 75 ha dont 16 ha sont occupés par le LES Bestan et les aménagements associés et 11,2 ha seront occupés par le LET proposé. L'étang aux Castors capte l'eau d'un bassin de drainage de 250 ha (incluant le terrain d'Intersan) et se draine via un petit cours d'eau (le ruisseau sans nom) rejoignant le lac Lovering environ 3,2 km plus loin. À son embouchure au lac Lovering, le ruisseau sans nom draine un bassin de 520 ha au total.

### 3.3 GÉOLOGIE

La géologie locale a été établie à partir des observations et sondages réalisés sur la propriété en 2005 et les années antérieures. Les coupes A-A' (**Figure 3**) et B-B' (**Figure 4**) illustrent la stratigraphie des formations observées sous le terrain. La position des coupes est montrée sur la **Figure 2**. Ainsi, sous le terrain du LET, le socle rocheux est recouvert par un till dont l'épaisseur varie de nulle en bordure du fossé à plus de 16 m dans le coin nord-est. Les épaisseurs estimées des dépôts meubles et la topographie approximative du roc au LET sont représentées aux **Figures 5** et **6** respectivement. En consultant ces figures, il est important de considérer que ces informations représentent la géologie aux lieux des sondages et de garder à l'esprit le fait que l'élévation du toit du rocher varie de plusieurs mètres sur de courtes distances. Les formations rencontrées et leurs relations avec la géologie du voisinage sont décrites ci-après.

#### 3.3.1 Dépôts meubles

Des dépôts meubles d'épaisseur variable recouvrent le socle rocheux aux environs du LES et du LET. Une séquence de dépôts glaciaires et fluviaux glaciaires comprenant un till superficiel, un sable et gravier fluvio-glaciaire et un till de fond a été identifiée sous la propriété. Toutefois, la séquence complète est rarement observée au même endroit. La répartition des unités de surface aux environs des LES et LET est présentée à la **Figure 7**. Sous le terrain du LET, à l'exception de son extrémité nord, on ne peut différencier diverses unités litho stratigraphiques dans les dépôts meubles. En effet, le rocher y est recouvert par un till caillouteux doté d'une matrice de sable et silt avec un peu d'argile. Bien que l'on n'observe pas de variation de texture dans le dépôt, on observe néanmoins une variation de densité de sorte que le till peut être lâche à compact et plus humide dans ses premiers mètres pour devenir très dense et moins humide en profondeur. Sous la partie nord du terrain, au nid de puits MW-19, on observe un matériau plus grossier en profondeur, matériau qui pourrait correspondre au faciès fluvio-glaciaire identifié plus au nord à proximité du LES.

Le till montre une granulométrie très étalée avec une proportion élevée de cailloux et blocs. La teneur en eau dans les premiers mètres du till est de l'ordre de 20 % et devient plus faible en profondeur (10 à 13 %) avec l'augmentation de la densité.



### 3.3.2 Socle rocheux

Le socle rocheux est formé de schistes ardoisiers de la formation de Saint-Victor du groupe de Magog d'âge Ordovicien moyen<sup>1</sup>. La formation de Saint-Victor est une séquence de turbidites formées de schiste ardoisier avec des interlits de grès feldspathique, de grès lithique, de tuf acide et de conglomérat en lits d'épaisseur décimétrique. Les schistes ardoisiers noirs ont des veines de quartz et des cubes de pyrite pouvant atteindre 1 cm de côté. La schistosité subverticale est orientée nord / nord-est. Le schiste est localement altéré en surface. L'épaisseur de ces lits varie du millimètre à plus de 10 cm. Le roc se présente comme une succession de bancs de 20 à 30 cm d'épaisseur. Leur direction et pendage sont de 30 et 85 degrés respectivement. Certains des bancs sont affectés par des fractures concordantes avec un espacement centimétrique. Le roc affleure dans le fossé longeant la limite nord-ouest du LET. Les mauvaises récupérations en forage et l'effondrement des parois des trous de forage MW-2B, MW-18B et MW-19B indiquent la présence de zones de fracturation ou de moindre résistance dans le rocher.

Enfin, rappelons que les formations rocheuses de la région, telles que définies par Slivitsky et al (1987), comprennent une forte proportion de roches mafiques et ultra mafiques, tel que rencontré à MW-16B.

## 3.4 HYDROGÉOLOGIE

### 3.4.1 Hydrostratigraphie

Sous le terrain du LET projeté, les unités géologiques identifiées forment trois unités hydrostratigraphiques, soit un aquitard dans le dépôt de till dont la partie superficielle est en nappe libre, un aquifère semi-confiné et local dans le dépôt granulaire observé sous le till dans l'extrémité nord du terrain et un aquifère semi-confiné et discontinu dans le rocher. Au niveau régional, on le considère de façon conventionnelle comme un aquifère largement utilisé pour l'alimentation de puits de débits modestes tout en sachant que les zones d'alimentation de puits distants ne sont pas reliées car il n'y a pas d'écoulement régional significatif dans cet aquifère.

---

<sup>1</sup> Slivitzky et St-Julien, 1987

### 3.4.2 Propriétés hydrauliques des formations

Les essais réalisés dans l'aquitard du till y démontrent une conductivité hydraulique modeste de l'ordre de  $10^{-8}$  à  $10^{-6}$  m/s. Les valeurs les plus élevées sont observées dans les 3 premiers mètres sous la surface où le matériel est moins dense et où l'action des phénomènes de surface (gel dégel, racines, sicles de dessiccation, etc.) se fait sentir. Les essais effectués sous cette profondeur démontrent tous des valeurs inférieures à  $5 \times 10^{-7}$  m/s. Ces valeurs et même des valeurs inférieures sont compatibles avec la granulométrie et la densité du matériel. On peut estimer que sa densité élevée lui confère un indice des vides de l'ordre de 20 % et une porosité efficace de l'ordre de 10 %. Ce matériau est comparable aux matériaux utilisés dans la construction des barrages dans le nord québécois et peut ainsi être utilisé comme matériau de remblai imperméable compacté après un tamisage pour enlever la partie grossière nuisant au compactage.

Les propriétés hydrauliques de l'aquifère du rocher sont contrôlées par la fracturation du massif qui est peu documentée. Néanmoins, les informations disponibles sont consistantes et permettent d'établir que sa conductivité hydraulique varie localement de  $10^{-8}$  à  $10^{-5}$  m/s avec une moyenne s'approchant de  $10^{-7}$  m/s. C'est un aquifère médiocre qui ne permet pas la production de grands volumes d'eau à partir d'un puits. Cet aquifère est hétérogène, anisotrope et discontinu. Comme les fractures y contrôlent l'écoulement, la porosité efficace y est très faible (moins de 0,1 %) et les chemins d'écoulement sont discontinus. Selon Simard et al (1979), la transmissivité moyenne des roches fracturées de la région est de l'ordre de  $1,5 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s.

Les propriétés hydrauliques de l'aquifère granulaire peuvent être évaluées grâce aux observations faites au puits MW-19A et dans les puits associés au LES plus au nord. D'après ces informations, la conductivité hydraulique de cet aquifère est de l'ordre de  $10^{-5}$  m/s et on peut estimer que sa porosité est de l'ordre de 25 %.

Les propriétés hydrauliques des deux aquifères identifiés sous la propriété permettent de les caractériser comme des aquifères médiocres, c'est-à-dire qu'un puits implanté dans ces aquifères ne peut produire un débit constant de 25 m<sup>3</sup>/d ou plus.

Les résultats des essais de perméabilité réalisés dans les puits du LET ainsi que les données existantes pour le LES Bestan sont relatés au **Tableau 2**.

**Tableau 2 : Conductivités hydrauliques observées**

Puits	Matériau au droit de la crépine	Conductivité hydraulique (m/s)	Profondeur de l'intervalle capté (m)	
			Sommet	Fond
PU-4	Till	9,7 E -07	0,73	3,1
MW-6A	Till	2,8 E-06	1,27	3
<b>MW-17A</b>	Till	8,6 E -08	1,11	2,44
<b>MW-20B</b>	Till	4,0 E -06	0,92	2,90
MW-2	Till	4,4 E -08	5,15	8,48
<b>MW-18A</b>	Till	1,7 E -07	3,94	6,70
<b>MW-20A</b>	Till	3,2 E -07	5,20	7,30
MW-8	Fluvioglacière	2,8 E -06	14,42	18,89
MW-19A	Fluvioglacière	>5,0 E -05	12,19	16,00
PU-3	Till et roc	9,0 E -07	1,52	8,69
MW-1A	Till et roc	5,5 E-07	9,85	15,25
<b>MW-2B</b>	Roc	1,3 E-06	14,65	18,29
MW-3	Roc	3,3 E -08	5,5	8,25
MW-6B	Roc	3,1 E -06	3,7	6,71
MW-7	Roc	2,8 E -06	3	4,9
<b>MW-17B</b>	Roc	1,6 E -07	3,65	8,07
<b>MW-18B</b>	Roc	>5,0 E -05	7,62	9,45
<b>MW-19B</b>	Roc	1,0 E -05	16,77	18,60

Note : **puits en gras** : nouveau puits pour le LET

### 3.4.3 Piézométrie

Les niveaux d'eau observés dans les puits crépinés à moins de 5 m de la surface sont généralement à moins de 3 m de la surface du terrain sauf sous la partie nord-est du terrain où les niveaux observés sont de 5 à 7 m sous la surface (voir **Tableau 1**). Les niveaux observés dans les puits crépinés à plus de 5 m de profondeur varient sensiblement de la limite sud où ils sont près de la surface, à la limite nord où ils sont de 5 à 8 m sous la surface. À ces observations, on doit ajouter l'observation d'une nappe subaffleurante permettant de fournir l'eau durant les travaux de forage dans la portion sud du terrain. Dans la portion nord du terrain, nous avons des évidences de nappe perchée saisonnière mais les dépôts meubles sont relativement mieux drainés avec un niveau piézométrique à 9 m sous la surface à la limite nord (MW-19A).

Les niveaux d'eau sont encore plus profonds au nord du LET sous le terrain d'Intersan à l'est du LES.

Dans le socle rocheux, le niveau piézométrique varie de la surface dans la portion sud-est (MW-2B) à 9 m à la limite nord (MW-19B).

Enfin, les mesures effectuées en mai et juin 2005 ont permis d'observer des variations de niveau de 10 à 50 cm dans les puits d'observation. Le **Tableau 1** présente les niveaux d'eau observés en 2005 au LES et LET. Les **Figures 8 et 9** présentent respectivement la piézométrie observée dans les dépôts meubles et dans le rocher le 27 juin 2005.

Les gradients hydrauliques horizontaux mesurés sont compilés au **Tableau 3**. Dans le roc, le gradient hydraulique horizontal varie de 3 à 5 % vers le nord et vers l'ouest. Dans les dépôts meubles, on observe un gradient hydraulique vertical ascendant de 3 à 5 % dans l'ouest du site qui correspond au bas de la pente (nids de puits MW-6, MW-17 et MW-18) et descendant de 1 à 4 % dans l'est (nids MW-2, MW-19 et MW-20).

**Tableau 3 : Gradients hydrauliques observés au LET le 27 juin 2005**

Puits	Distance (m)	Charge (m)	Gradient	Direction
<b>Gradient vertical entre les dépôts meubles et le roc</b>				
MW-2/MW-2B	4,83	0,21	0,04	vers bas
MW-6A/MW-6B	1,54	0,07	0,05	vers haut
MW-17A/MW-17B	2,04	0,10	0,05	vers haut
MW-18A/MW-18B	1,61	0,05	0,03	vers haut
MW-19A/MW-19B	1,80	0,05	0,03	vers bas
MW-20A/MW-20B	2,17	0,03	0,01	vers bas
<b>Gradient horizontal dans le rocher</b>				
MW-2B/MW-18B	318	13,16	0,04	Nord-ouest
MW-2B/PU-3	450	16,66	0,04	Nord-ouest
MW-2B/MW-17B	444	16,6	0,04	Nord-ouest
MW-1A/MW-19B	210	9,53	0,05	Nord-ouest
MW-6B/MW-7	306	16,25	0,05	Ouest
MW-2B/MW-3	306	9,94	0,03	Ouest

### 3.4.4 Écoulements souterrains

En fonction des niveaux piézométriques et des gradients observés sous le site du LET proposé, il est possible d'y déterminer le régime d'écoulement comme suit :

- i) Dans les dépôts meubles, en faisant exception du dépôt fluvioglaciaire observé au nord du site à MW-19A, l'écoulement comprend :
  - une composante verticale qui permet aux précipitations de s'infiltrer vers l'aquifère sous-jacent ou à l'eau de faire résurgence au pieds du talus.
  - une composante horizontale qui suit la pente dans la partie superficielle du dépôt.

Ce patron d'écoulement est attendu dans un aquitard dans cette situation topographique.

- ii) Dans le dépôt fluvioglaciaire au nord, l'écoulement se fait horizontalement vraisemblablement vers le nord. Une incertitude demeure sur la direction locale de l'écoulement près de MW-19A en raison de la proximité du drainage de surface qui capte l'eau de résurgence. Il ne fait pas de doute cependant que plus au nord, dans l'enceinte de LES Bestan, l'écoulement est vers le nord avec de faibles gradients.
- iii) Dans le socle rocheux, sur la base stricte des gradients, la direction générale de l'écoulement est vers l'ouest conformément avec la topographie dans la partie sud du site : cette direction tourne vers le nord au nord du site. Cet aquifère se fait recharger sous le sommet de la colline et se décharge au pied de la pente pour se drainer dans le fossé principal qui coule vers le sud.

De façon détaillée, la direction de l'écoulement dans le rocher est contrôlée par les réseaux de fractures dont la géométrie précise n'est pas déterminée sur la propriété. Toutefois, il est généralement reconnu que la fracturation est plus abondante près du toit du rocher. De plus, la géologie régionale indique une direction des structures vers le nord-nord-est. Enfin, en raison de la discontinuité des structures et fractures permettant l'écoulement, on doit considérer que les chemins d'écoulement sont aussi discontinus et que les fractures du roc constituent des réseaux d'écoulement locaux qui ne sont pas reliés sur de grandes distances.

Dans un contexte plus général, le LET projeté et le LES adjacent sont situés sur les versants opposés d'une petite vallée orientée nord-est/sud-ouest dont le fond est occupé par un fossé. L'écoulement souterrain provenant de la partie sud du LES et de la plus grande partie du LET converge vers ce fossé. Dans le voisinage du fossé, les niveaux piézométriques sont près de la

surface et l'eau souterraine fait résurgence dans les fossés de drainage situés sur la propriété d'Intersan. Au nord d'un point situé entre le bassin de captage de lixiviat du LES et l'étang du fond de la gravière, l'écoulement souterrain se fait vers le nord à plusieurs mètres sous la surface dans les dépôts meubles.

Les informations recueillies sur les gradients et l'évaluation faite des propriétés hydrauliques des formations en présence permettent d'évaluer les vitesses d'écoulement de l'eau souterraine. Les vitesses d'écoulement ainsi estimées en fonction de la conductivité moyenne, les gradients moyens et la porosité efficace sont présentés au **Tableau 4** pour les dépôts meubles et le roc du LET. Notez que les vitesses élevées dans le roc valent pour des chemins d'écoulement locaux de faibles dimensions et ne signifient pas que le roc permet le transport de contaminants sur de longues distances.

**Tableau 4 : Écoulement de l'eau souterraine dans le till et le roc au LET**

Unité hydrostratigraphique	Conductivité Hydraulique (m/s)	Gradient Hydraulique		Porosité efficace	Vitesse (m/an)	Direction
Fluvioglaciale	5,0E-05	0,0015	Horizontal	0,2	12	Vers le nord
Till	1,8E-07	0,04	Vertical	0,1	3	Vers le roc
Roc	2,4E-06	0,04	Horizontal	0,01 à 0,001	300 à 3000	Vers le fossé

### 3.5 QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

Les données sur la qualité des eaux souterraines sont disponibles pour une dizaine d'années pour la majorité des points de surveillance au site du LES adjacent. Des données géochimiques préliminaires sont disponibles pour les puits situés à l'emplacement au LET proposé. Les informations techniques des puits de surveillance ainsi que la disponibilité des données chimiques sont présentées pour les puits captant le till, l'interface dépôts meubles/roc et l'aquifère de roc aux **Tableau 5**. La localisation des puits apparaît à la **Figure 2**.

**Tableau 5 : Sommaire des données sur la chimie de l'eau souterraine**

Puits	Horizon capté	État	Données disponibles
<b>Puits situés à l'intérieur du LET</b>			
<b>MW-18A</b>	Till	Opération	2005
<b>MW-18B</b>	Rocher	Opération	2005
PU-3	Till et rocher	Opération	1990 – 2002
<b>Puits situés à l'amont hydraulique du LET</b>			
MW-1A	Till et rocher	Opération	1992 – 2000
MW-2	Till	Opération	2000
<b>MW-2B</b>	Rocher	Opération	2005
MW-3	Rocher	Opération	2000
MW-6A	Till	Opération	2000-2002
MW-6B	Rocher	Opération	2000
MW-7	Rocher	Opération	2000
<b>Puits situés à l'aval hydraulique du LET</b>			
<b>MW-19A</b>	Fluvio-glaciaire	Opération	2005
<b>MW-19B</b>	Rocher	Opération	2005
<b>MW-17A</b>	Till	Opération	2005
<b>MW-17B</b>	Rocher	Opération	2005
MW-8	Fluvio-glaciaire	Opération	--
<b>Puits situés à l'aval hydraulique du LET et du LES</b>			
E-2	Fluvio-glaciaire	Opération	1988 – 2002
E-1	Fluvio-glaciaire	Opération	1983 – 2002
E-1B	Rocher	Opération	2002 – 2004
MW-10	Rocher	Opération	1997 – 2004
MW-12	Fluvio-glaciaire	Opération	1995 – 2004
MW-13	Fluvio-glaciaire	Opération	1995 – 2002
MW-15	Fluvio-glaciaire	Opération	2002 – 2004
<b>Puits situés à l'aval hydraulique du LES</b>			
B-1	Fluvio-glaciaire	Opération	1982 – 2000
PU-2	Till	Opération	1990 – 2004
PU-4	Till	Opération	1996 – 2000
MW-4	Till	Opération	2000 – 2004
MW-11	Fluvio-glaciaire	Opération	1995 – 2004
MW-16A	Till	Opération	2002 – 2004
MW-16B	Rocher	Opération	2002 – 2004
<b>Puits de référence situés à l'amont hydraulique du LES</b>			
PU-1	Till et rocher	Opération	1990 – 2004
PU-5	Till et rocher	Opération	1990 – 2002
E-3	Till	Opération	1992 – 1998
MW-5	Till	Opération	2000

Note : **puits en gras** : nouveau puits pour le LET

### 3.5.1 Dépôts meubles

Le **Tableau 6** présente les données de référence de la qualité de l'eau souterraine dans les dépôts meubles. La qualité de l'eau souterraine y a été déterminée à partir des données provenant de trois puits d'observation (MW-2, MW-5 et MW-6A) localisés en périphérie de la propriété d'Intersan au LES Bestan. Ces puits ont été choisis afin de définir la qualité de l'eau souterraine de référence dans les dépôts meubles pour le LET proposé.

L'eau souterraine en amont du site est généralement de bonne qualité. Les paramètres traceurs de lixiviat (chlorures, azote ammoniacal, DCO, STD, etc.) sont retrouvés naturellement en faible concentration facilitant ainsi le suivi des impacts des activités d'enfouissement. De tous les paramètres analysés, seul le fer excède les critères mentionnés à l'article 57 du REIMR.



**Tableau 6 : Valeurs référence de la qualité de l'eau souterraine**

Paramètres	Unités	Lixiviat au LES <sup>1</sup>	Dépôt meubles <sup>2</sup>	Rocher <sup>3</sup>		Critères REIMR (art. 57)
		Moyenne	Moyenne	Min	Max	
Alcalinité	mg/L	5400	148	120	170	
Aluminium (Al)	mg/L	-	-	<LD	0,005	
Arsenic (As)	mg/L	-	-	<LD	0,003	
Azote ammoniacal (exprimé en N)	mg/L	851	0,04	<LD	0,03	1,5
Coliformes fécaux	UCF/100mL		0	<LD	6	0
Coliformes totaux	UCF/100mL	7293	3	<LD	4000	
Benzène	mg/L	-	-	<LD	<LD	0,005
Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> )	mg/L	5400	146	120	157	
Bore (B)	mg/L	-	<0,05	<LD	0,04	5
Cadmium (Cd)	mg/L	<0,01	<0,001	<LD	<LD	0,005
Calcium (Ca)	mg/L	778	21	14	32	
Carbonates	mg/L	-	2,4	<LD	3	
Chlorures (exprimé en Cl)	mg/L	1588	0,2	<LD	3,5	250
Chrome (Cr)	mg/L	0,24	0,004	<LD	0,20	0,05
Composés phénoliques totaux	mg/L	2,6	0,002	<LD	0,007	
Conductivité	mmhos/cm	-	304	220	335	
Cuivre (Cu)	mg/L	0,015	0,0003	<LD	0,041	
Cyanures Totaux	mg/L	0,045	<0,01	<LD	0,03	0,2
Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	7558	<2	<2	11	
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/L	10921	<10	<10	49	
Ethylbenzène	mg/L	-	-	<LD	<LD	0,0024
Fer (Fe)	mg/L	322	0,65	<LD	1,86	0,3
Huiles et graisses totales	mg/L	161	0,07	<LD	1,1	
Magnésium (Mg)	mg/L	228	18,2	19	33	
Manganèse (Mn)	mg/L	-	0,03	<LD	3,1	0,05
Matières en suspension	mg/L	10680	183	175	230	
Mercuré (Hg)	mg/L	<0,0002	<0,0002	<LD	<LD	0,001
Nickel (Ni)	mg/L	0,304	0,004	<LD	0,041	0,02
Nitrates et Nitrites (exprimé en N)	mg/L	0,65	0,09	<LD	0,06	10
pH	unités pH	6,8	8,3	7,6	8,3	
Plomb (Pb)	mg/L	0,033	0,004	<LD	0,01	0,01
Potassium (K)	mg/L	692	1,9	0,1	1,0	
Sélénium (Se)	mg/L	-	<LD (1 éch.)	<LD	<LD	
Sodium (Na)	mg/L	1278	12	<LD	11	200
Sulfates totaux (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/L	213	13	6,8	25	500
Sulfures totaux (exprimé en S <sup>-2</sup> )	mg/L	1,03	<0,02	<LD	0,36	0,05
Toluène	mg/L	-	-	<LD	<LD	0,024
Xylènes (o, m, p)	mg/L	-	-	<LD	<LD	0,3
Zinc (Zn)	mg/L	10,2	0,03	<LD	0,15	5

Note 1 : Moyenne calculée à partir des 14 échantillons prélevés entre 2001 et 2004.

Note 2 : Résultats analytiques : moyenne de 3 puits d'observation (MW-2+duplicata, MW-5+duplicata, MW-6A : échantillonnage du 22 novembre 2000) et (MW-6A : échantillonnage du 12 juin 2002).

Note 3 : Résultats analytiques de 4 puits d'observation (MW-3, MW-6B, MW-7 : échantillonnage du 22 novembre 2000) et (MW-10 : 15 échantillons de 1997 à 2004)

Les données géochimiques des ions majeurs pour les nouveaux puits (MW-17A, MW-18A MW-19A) permettent d'obtenir la signature géochimique de l'aquifère des dépôts meubles à l'aide du diagramme de Piper (**Figure 10**). Ces données analytiques obtenues lors de l'échantillonnage de mai 2005 sont compilées au **Tableau 7**. Elles permettent d'établir la similarité des signatures géochimiques avec les puits existants (MW-2, MW-5, MW-6A) et confirmer la qualité de l'eau souterraine de référence. À titre indicatif, la signature géochimique du lixiviat est présentée sur la figure.

**Tableau 7 : Qualité de l'eau souterraine au LET– 2005**

Paramètres	Unité	MW-17A	MW-18A	MW-19A	MW-2B	MW-17B	MW-18B	MW-19B
Alcalinité	(mg/l CaCO <sub>3</sub> )	120	130	120	150	120	140	160
Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> )	(mg/l)	146,4	158,6	146,4	183	146,4	170,8	195,2
Calcium (Ca)	(mg/l)	15	23	24	14	16	26	79
Chlorures (exprimé en Cl)	(mg/l)	3,3	6,7	0,44	5,1	1,5	0,75	8,9
Magnésium (Mg)	(mg/l)	17	18	16	22	18	21	0,3
Potassium (K)	(mg/l)	1,9	2,5	0,3	3,5	4,4	0,6	19
Sodium (Na)	(mg/l)	19	8,6	1,5	14	28	2,8	12
Sulfates totaux (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	(mg/l)	24	11	14	6,9	49	16	29

### 3.5.2 Socle rocheux

La qualité de l'eau souterraine dans le socle rocheux a été suivie sporadiquement dans huit puits, dont deux ont été abandonnés au site du LES adjacent. Quatre nouveaux puits (MW-2B, MW-17B, MW-18B et MW-19B) ont été implantés sur le site du futur LET.

Les données historiques (1997-2004) du puits (MW-10) ont servi à établir la qualité de l'eau souterraine de référence pour l'aquifère de roc (**Tableau 6**). Les paramètres indicateurs de lixiviat y sont rencontrés en concentrations similaires à celles présentes dans les dépôts meubles. L'eau souterraine en amont du site est également de bonne qualité. Les paramètres traceurs de lixiviat (chlorures, azote ammoniacal, DCO, STD, etc.) y sont retrouvés naturellement en faible concentration. Les valeurs maximales de certains paramètres (Cr, Fe, Mn, Ni et S<sup>-2</sup>) sont supérieures aux critères mentionnés à l'article 57 du REIMR. Généralement, les concentrations des paramètres Cr, Ni et S<sup>-2</sup> sont inférieures ou égales à la limite de détection du laboratoire. La concentration moyenne de ces paramètres, à l'exception du manganèse, est inférieure aux critères de l'article 57.

Les données géochimiques obtenues pour les nouveaux puits captant le roc sont compilées au **Tableau 7**. La géochimie de l'eau du rocher est présentée au diagramme de Piper (**Figure 11**). Le diagramme de Piper confirme la similarité des signatures géochimiques pour le roc.

### 3.6 UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE

Cinquante-huit (58) puits d'approvisionnement en eau ont été répertoriés<sup>2</sup> dans un rayon de 2 km du secteur à l'étude (**Figure 12**). De l'information disponible, treize (13) de ces puits captent les dépôts meubles (puits creusés ou pointes filtrantes) à des profondeurs de 0,6 à 12 m et 28 puits captent le roc à des profondeurs de 13 à 91 m. Trois puits de surface et huit puits au roc ne sont pas des sources d'eau potable.

Seuls les puits localisés le long de la route 141 sont potentiellement situés en aval hydraulique du LES et du futur LET.

---

<sup>2</sup> Dessau-Soprin, 2002

## 4. ÉVALUATION DES CONDITIONS SUR LE SITE

Un modèle hydrogéologique conceptuel a été élaboré à partir des données recueillies dans le cadre de la présente étude et des études antérieures réalisées sur le site LES Bestan. Ces études comprenaient des sondages, des forages, l'installation de puits d'observation, l'analyse granulométrique de sols, des mesures de niveaux d'eau souterraine, l'étude des paramètres hydrauliques et chimiques de l'eau souterraine et de surface. L'information technique tirée de l'ensemble de ces études a été compilée et évaluée pour développer le modèle hydrogéologique conceptuel décrit ci-après.

### 4.1 MODÈLE CONCEPTUEL D'ÉCOULEMENT

Au LET proposé de la municipalité de Magog, le modèle hydrogéologique conceptuel consiste en la superposition de deux unités hydrostratigraphiques, soit un aquitard en nappe libre à la surface dans le till et un aquifère semi-confiné et discontinu dans le roc fracturé. Localement, on observe une troisième unité au nord du site, soit un aquifère semi-confiné dans les dépôts fluvioglaciaires. Le potentiel aquifère de ces formations est limité.

Dans l'aquitard de surface, l'eau souterraine se retrouve à faible profondeur ( $< 0,5$  m) au sud (MW-2, MW-17A et MW-20B) et on observe des évidences de nappe perchée au nord où les dépôts sont plus épais et où l'aquifère fluvioglaciaire draine à 9 m (MW-19A). Dans l'aquitard du till, l'eau s'écoule en suivant la pente du terrain près de la surface et vers le rocher en profondeur à des vitesses de l'ordre de 1 à 10 m/an.

L'aquifère constitué par le rocher fracturé agit comme drain pour le dépôt de till et transporte l'eau drainée vers des résurgences au fond de la vallée à l'ouest. Au bas du talus, les gradients observés dans le recouvrement y démontrent une situation de résurgence, soit un écoulement vers la surface. Vers le nord, le rocher est recouvert par d'importants dépôts meubles incluant un aquifère dans les dépôts fluvioglaciaires. L'écoulement dans les fractures du rocher sous le LET se fait rapidement (de l'ordre de 100 - 1000 m/a). Cependant, l'eau n'y est pas transportée très loin car elle fait résurgence à proximité du site sur la propriété d'Intersan.

L'aquifère constitué par les dépôts fluvioglaciaires s'étend vers le nord au-delà de la propriété d'Intersan. L'écoulement s'y fait vers le nord à une vitesse de l'ordre de 10 m/a. Il n'y a pas d'information sur l'extension de cet aquifère au nord de la propriété d'Intersan. Néanmoins, l'étang Pagé au nord et d'autres fossés ou ruisseaux de ce secteur pourraient constituer l'exutoire des écoulements provenant du terrain d'Intersan.

De façon générale, l'écoulement souterrain du LET se fait vers le nord-ouest et rencontre les eaux souterraines provenant du LES Bestan dans la dépression longitudinale les séparant. Dans cette dépression passe une ligne de partage des eaux redistribuant les eaux souterraines des deux sites soit vers le nord-est ou le sud-ouest. Les vitesses d'écoulement dans les dépôts meubles sont évaluées de l'ordre de 12 m/an vers le nord alors que l'écoulement souterrain vers l'ouest est interrompu par les résurgences au voisinage du fossé central.

## **4.2 ÉVALUATION DE L'IMPACT POTENTIEL SUR L'EAU SOUTERRAINE**

### **4.2.1 Transport potentiel des solutés**

Selon les plans d'aménagement proposés à ce jour, l'enfouissement se fera progressivement dans des cellules d'enfouissement technique munies d'un système d'imperméabilisation à double niveau de protection avec collecte du lixiviat et détection de fuites. Il est prévu de laisser au minimum 1,5 m de mort-terrain entre le système d'imperméabilisation à double niveau de protection et le roc. Ainsi, si une défaillance imprévue du système de protection et de détection surviendrait, le lixiviat pourrait atteindre les dépôts meubles sous-jacents, et ensuite atteindre l'aquifère du roc ou l'aquifère fluvioglaciale au nord en transitant par le till.

Selon le modèle hydrogéologique, l'eau souterraine affectée par une telle fuite du LET se dirigerait principalement vers l'ouest pour faire résurgence avec l'eau en provenance du LES Bestan dans la dépression longitudinale les séparant. Selon le lieu de la fuite, l'eau pourrait aussi s'écouler vers le nord en profondeur pour éventuellement rencontrer l'eau provenant du LES Bestan dans le sous-sol.

Le programme de suivi environnemental prévoit le suivi de puits dans le till et le roc en périphérie aval du site LET. De plus, le suivi environnemental du site LES Bestan fait appel à une série de puits additionnels situés aux limites de la propriété d'Intersan.

### **4.2.2 Utilisation de l'eau souterraine et utilisateurs potentiels**

La population environnante s'approvisionne en eau potable à partir de l'eau souterraine, puisque l'aqueduc n'est pas disponible. L'aquifère du roc est capté par plus de 65 % de la population, le reste captant les dépôts meubles. Les puits situés dans un rayon de 2 km du LES et LET captent surtout l'aquifère de roc le long de la route 141 et sont situés à près d'un kilomètre de la limite du site LES Bestan.

Seuls les puits situés le long de la route 141 au nord du terrain sont potentiellement situés dans le chemin d'écoulement de l'eau souterraine provenant du LET et s'écoulant directement vers le nord. Ces puits sont situés à plus de 1 km du nid MW-19 au pied du LET, le long de la trajectoire souterraine présumée. Il n'est pas évident qu'une telle trajectoire d'écoulement existe dans les faits. En effet, les observations disponibles indiquent qu'une partie de l'eau s'écoulant vers le nord fait résurgence dans le secteur de l'étang Pagé ou d'autres ruisseaux situés au nord du terrain. De plus, si un chemin d'écoulement existe effectivement dans cette direction, l'eau souterraine potentiellement affectée mettrait près de 100 ans à parcourir la distance aux puits et serait naturellement atténuée. Enfin, rappelons que le LES Bestan est en opération au mode d'atténuation naturelle depuis plus de 30 ans plus près de ces puits et qu'aucun indice de contamination n'a été observé.

Le réseau de surveillance de la qualité de l'eau souterraine permettra de suivre la qualité de l'eau et ainsi prévenir les impacts éventuels. Le long temps de parcours éventuel donne aussi une sécurité additionnelle.

## 5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Intersan a mandaté Envir-Eau inc afin de réaliser une étude hydrogéologique du terrain retenu pour le projet d'agrandissement du lieu d'enfouissement technique proposé dans le cadre du Centre de Valorisation Environnementale des Résidus (CVER) de Magog. Cette étude a été réalisée dans l'esprit du récent *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des Matières Résiduelles* (REIMR). Cette étude vise à déterminer les conditions du sous-sol en vue de la conception du LET à l'étude en conformité avec toutes les dispositions du REIMR. Le rapport a été élaboré à l'aide des données de terrain recueillies en 2005 ainsi que l'information d'études antérieures sur le LES Bestan et les environs. Les conclusions suivantes sont basées sur l'ensemble de l'information disponible.

1. Le LET proposé est voisin du LES Bestan en opération depuis les années 1970. Le suivi futur au LET devra donc tenir compte de l'impact potentiel du LES.
2. Le modèle hydrogéologique élaboré consiste en la superposition de trois unités hydrostratigraphiques, soit un aquitard dans le till superficiel, un aquifère semi-confiné et discontinu dans le roc fracturé et, localement sous la partie nord du terrain, un aquifère semi-confiné dans des dépôts fluvioglaciaires. Ces formations n'ont pas un potentiel aquifère élevé et un puits ne pourrait y produire un débit constant de 25 m<sup>3</sup>/d ou plus. Dans ce secteur, les deux aquifères sont distincts mais l'écoulement global est largement contrôlé par l'aquifère fluvioglaciaire en raison de sa transmissivité nettement plus élevée.
3. L'eau souterraine est observée près de la surface au sud et à 9 m sous la surface au nord. La présence de nappes perchées est présumée localement dans le till avec un écoulement parallèle à la pente. Néanmoins, l'écoulement dans le dépôt de till se fait principalement verticalement vers le rocher à des vitesses de l'ordre de 10 m/a.
4. La direction d'écoulement de l'eau dans les deux aquifères est en bonne partie contrôlée par la pente du terrain ou du toit du socle rocheux. Ainsi, sous la plus grande partie du site, l'eau s'écoule vers l'ouest vers une dépression située entre le site existant Bestan et le LET. Cette dépression constitue une ligne de partage des eaux. L'écoulement dans le rocher est principalement vers le fossé situé à l'ouest du LET et l'eau souterraine fait rapidement résurgence près du fossé central. Sous la partie nord du LET, l'écoulement dans le rocher et le dépôt fluvioglaciaire se fait vers le nord. Au nord du site, l'eau souterraine migre principalement dans le dépôt fluvioglaciaire vers le nord à des vitesses de l'ordre de 10 m/a.

5. Advenant un défaut du système d'imperméabilisation à double niveau de protection et détection de fuites entraînant une perte de lixiviat dans le sous-sol, le lixiviat pourrait se propager dans le roc dans la mesure où le gradient hydraulique est descendant : soit vers l'ouest et faire résurgence près du fossé central; soit vers le nord pour circuler lentement dans les dépôts meubles. Dans les deux cas, l'eau souterraine ainsi affectée entrerait en contact et se mélangerait avec l'eau souterraine provenant du LES Bestan.
6. La chimie de l'eau souterraine au LET projeté est semblable à celle retrouvée en amont du LES. Les éléments indicateurs du lixiviat permettront de détecter une fuite significative éventuelle.
7. La population environnante s'approvisionne en eau potable à partir de l'eau souterraine de puits captant le roc et les dépôts meubles. Aucun puits n'est situé directement en aval hydraulique du LET proposé. Les puits potentiellement situés en aval hydraulique captent surtout l'aquifère de roc le long de la route 141 à plus de 1 km du LET. Il n'est pas établi que le chemin d'écoulement de l'eau souterraine permette à l'eau souterraine potentiellement affectée dans ce secteur d'atteindre ces puits étant donné la présence de zones de résurgence pouvant interrompre cet écoulement. Néanmoins, dans l'éventualité d'une telle situation, le temps de parcours de l'eau souterraine entre le LET et ces puits est de l'ordre du siècle avec atténuation naturelle.

Il est recommandé d'analyser l'eau souterraine des neuf nouveaux puits d'observation du LET pour la série des paramètres exigés dans le REIMR avant le début de l'enfouissement pour établir une base de données de référence. Des mesures de niveaux d'eau dans ces puits devront être prises afin de documenter les gradients hydrauliques sur le site. Par ailleurs, le programme de suivi environnemental devrait prévoir le suivi de puits dans les aquifères du dépôt fluvioglaciaire et du roc en périphérie du LET projeté.

---

Isabelle Derome, géo. M.Sc.  
Hydrogéologue

---

Alain Liard, géo, M. Sc.  
Hydrogéologue senior

---

André D'Astous, ing. M.Sc.A.  
Président



## 6. RÉFÉRENCES

ADS Groupe-Conseil inc., décembre 1991. Étude hydrogéologique complémentaire. Site d'enfouissement sanitaire Bestan inc. Canton de Magog, 26 p., projet 17-36-448-001.

ADS Groupe-Conseil inc., juillet 1992. Étude hydrogéologique complémentaire. Site d'enfouissement sanitaire Bestan inc. Canton de Magog, 20 p., projet 17-36-526-001.

ADS Groupe-Conseil inc., décembre 1995. Aménagement de quatre puits additionnels et réalisation d'un relevé piézométrique. Site d'enfouissement sanitaire Bestan inc. Canton de Magog, 8 p., projet 15-50-080-002.

Centre d'expertise en analyses environnementale du Québec (CEAEQ), 1999, Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 1, Généralités, 2<sup>e</sup> édition, Les éditions Le Griffon d'argile.

Chartier Romain et al., 1998, Site d'enfouissement sanitaire Intersan Inc., Magog. Modélisation hydrogéologique et simulation de migration de traceurs à l'échelle régionale, Université de Sherbrooke, Département génie civil, 60p.

Dessau-Soprin, 2000a, Lieu d'enfouissement sanitaire Bestan inc., Magog. Carte piézométrique (20 octobre 1999), 2p.

Dessau-Soprin, 2002, Suivi environnemental de la qualité des eaux souterraines. Échantillonnages Site technique Bestan, Magog, 13p.

Dessau-Soprin, 2002, Inventaire des puits dans un rayon de 3 km, Lieu d'enfouissement Sanitaire Bestan inc., Canton de Magog, 9 p., N./Réf. : 451017-100.

Dessau-Soprin, 2004, Compilation historique de données analytiques pour l'eau souterraine, l'eau de surface et le lixiviat au LES Bestan.

Envir-Eau Inc., 2002a, Portrait géochimique des eaux souterraines lieu d'enfouissement sanitaire Bestan, Magog, 14p.

Envir-Eau Inc., 2002b, Programme de suivi environnemental. Lieu d'enfouissement technique Bestan, Canton de Magog, 42p.

Envir-Eau inc., mai 2004, Plan de sécurisation environnementale, Programme de suivi environnemental accru présentation et interprétation des données de 2003. Lieu d'enfouissement Bestan, Magog, 39 p., projet MB1986.

Foratek, 1981, Étude hydrogéologique d'une partie (Lot 11c) du site d'enfouissement sanitaire Bestan Inc., Magog, 19p.

GSI Environnement, 2000. Étude des eaux de surface dans le cadre de l'étude d'impact du plan de développement du système de gestion des déchets solides Bestan Inc., 14p.

Intersan (document interne), Suivi de l'eau souterraine et des eaux de surface pour différents composés.

Lupien, Rosenberg & Ass., 1990, Étude géologique et hydrogéologique lieu d'enfouissement sanitaire de Bestan, Notre référence S-90-2357, 219p.

Ministère de l'Environnement, 1981, Étude hydrogéologique du site d'enfouissement sanitaire Bestan inc., Magog, Québec, 19p.

Ministère de l'Environnement, 1994, Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 3 – échantillonnage de l'eau souterraine. Les éditions du Griffon d'argile.

Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des Laboratoires, Avril 1994, Cahier 3, Échantillonnage de l'eau souterraine, Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales.

Simard, G., Desrosiers, R., 1979, Qualité des eaux souterraines du Québec. Ministère des richesses naturelles. Québec.

Slivitzky et St-Julien, 1987, Compilation géologique de la région de l'Estrie-Beauce (MM 85-04), Gouvernement du Québec.