

BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE

ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE
AGRANDISSEMENT DU SECTEUR NORD
LOTS PARTIES 77 À 87, 90, 93, 94, 99 ET 100

(N/D : 293-2549-150)

Présentée à :

BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE
3779, chemin des 40 Arpents
Lachenaie (Québec) J6V 1A3

Préparée par :

GSI ENVIRONNEMENT INC.
5227, rue Notre-Dame Est
Bureau 200
Montréal (Québec) H1N 3P2
Tél. (514) 257-7644

30 novembre 2001

BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE

ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE

AGRANDISSEMENT DU SECTEUR NORD

LOTS PARTIES 77 À 87, 90, 93, 94, 99 ET 100

(N/D : 293-2549-150)

Présentée à :

BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE
3779, chemin des 40 Arpents
Lachenaie (Québec) J6V 1A3

Préparée par :

GSI ENVIRONNEMENT INC.
5227, rue Notre-Dame Est
Bureau 200
Montréal (Québec) H1N 3P2
Tél. (514) 257-7644

30 novembre 2001

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
1.1 MANDAT	1
1.2 CONTENU DU DOCUMENT.....	2
2. DESCRIPTION DU SITE	3
2.1 LOCALISATION.....	3
2.2 TOPOGRAPHIE.....	3
3. PROGRAMME DE RECONNAISSANCE	7
3.1 ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES	7
3.1.1 Études antérieures	7
3.1.2 Étude réalisée en 2001.....	9
3.1.2.1 Travaux terrain	9
3.1.2.2 Essais en laboratoire	10
3.2 ÉTUDE GÉOTECHNIQUE.....	10
3.2.1 Études antérieures	10
3.2.2 Étude réalisée en 2001.....	10
3.2.2.1 Travaux terrain	10
3.2.2.2 Essais en laboratoire	11
4. MÉTHODES DE RECONNAISSANCE	12
4.1 ARPENTAGE.....	12
4.2 FORAGES ET ÉCHANTILLONNAGE DES SOLS	12
4.3 PUIXS D'OBSERVATION ET PIÉZOMÈTRES	14
4.3.1 Qualité des eaux de forage	17
4.3.2 Développement des puits dans le till	17
4.4 MESURE DE LA PERMÉABILITÉ IN SITU	20
5. GÉOLOGIE.....	21
6. STRATIGRAPHIE.....	22
6.1 TERRE VÉGÉTALE.....	22
6.2 SABLE DE SURFACE	22
6.3 ARGILE	27
6.4 TILL	27
6.5 SOCLE ROCHEUX.....	27
7. CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES	28
7.1 SABLE DE SURFACE	28
7.2 ARGILE	30
7.3 TILL	31

8. CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES	37
8.1 EAU DE LA NAPPE DU TILL.....	37
8.2 EAU INTERSTITIELLE DE L'ARGILE.....	38
8.3 COMPRÉHENSION DE LA SITUATION.....	43
9. RISQUES DE CONTAMINATION DES EAUX SOUTERRAINES.....	46
10. CONCLUSIONS	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1	Résultats des analyses chimiques portant sur l'eau de forage - aqueduc de la Ville de Lachenaie	18
Tableau 7.1	Aménagement des puits dans le till et l'argile	29
Tableau 7.2	Conductivités hydrauliques in-situ mesurées dans la couche d'argile	30
Tableau 7.3	Conductivité hydraulique de l'argile mesurée en laboratoire (cm/s)	31
Tableau 7.4	Conductivités hydrauliques in-situ mesurées dans le till	32
Tableau 7.5	Suivi des niveaux d'eau de la nappe du till (2001)	33
Tableau 7.6	Fluctuations des niveaux d'eau de la nappe du till	36
Tableau 8.1	Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau interstitielle de l'argile (mg/L sauf si indication contraire)	40
Tableau 8.2	Concentrations dans l'eau interstitielle de l'argile et dans l'eau de l'aquifère du till (mg/L).....	44

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Plan de localisation.....	5
Figure 2.2	Localisation des secteurs actuels et futur	6
Figure 4.1	Plan d'implantation des essais.....	15
Figure 4.2	Schéma des puits de contrôle des eaux souterraines dans le till	16
Figure 6.1	Épaisseur de la couche d'argile	23
Figure 6.2	Coupe stratigraphique A-A'	24
Figure 6.3	Coupe stratigraphique B-B'	25
Figure 6.4	Coupe stratigraphique C-C'	26
Figure 7.1	Carte piézométrique	34
Figure 7.2	Fluctuation des niveaux d'eau de la nappe du till.....	35
Figure 8.1	Ions majeurs – concentrations en fonction de la profondeur	45

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 Rapport de forage
- Annexe 2 Description et détubage des tubes Shelby
- Annexe 3 Certificat d'analyses de l'eau de forage
- Annexe 4 Fiches de développement des puits
- Annexe 5.1 Feuilles de calcul des essais de conductivité in situ
- Annexe 5.2 Essais de perméabilité en laboratoire
- Annexe 6 Rapports de forage des études antérieures
- Annexe 7 Reportage photographique
- Annexe 8 Paramètres et normes - Suivi de la qualité des eaux souterraines dans le cadre de l'exploitation du secteur Est
- Annexe 9 Certificats d'analyse de l'eau interstitielle de l'argile

hectares de terrain complémentaire), une analyse granulométrique (sédimentométrique et autres) sur un nombre représentatif d'échantillons, une estimation de volumes de matériaux disponibles pour les différentes étapes de la construction et de l'opération du LES;

- l'hydrogéologie locale dans un rayon de 1 km comprenant, pour le terrain du LES, les caractéristiques des eaux souterraines, en incluant notamment la localisation des nappes, leur profondeur (carte piézométrique), leur conductivité hydraulique déterminée à partir d'essais in situ, le sens d'écoulement, la vitesse de migration, la relation entre les diverses unités hydrostratigraphiques et aussi avec le réseau hydrographique de surface, et enfin, la vulnérabilité de ces eaux à la pollution à partir d'un nombre représentatif de puits d'observation ou piézomètres existants ou additionnels (minimum de quatre pour les 5 premiers hectares et un supplémentaire pour chaque 5 ha ou partie de 5 ha de terrain supplémentaire). »

1.2 CONTENU DU DOCUMENT

Le présent document décrit l'ensemble des travaux de terrain effectués dans la zone à l'étude par GSI Environnement, donne les résultats des essais réalisés sur le terrain et en laboratoire, présente l'interprétation du sens et de la vitesse d'écoulement des eaux souterraines et finalement présente une évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines aux risques de contamination associés aux opérations d'enfouissement de matières résiduelles domestiques dans le secteur Nord de la propriété d'UTL.

2. DESCRIPTION DU SITE

2.1 LOCALISATION

Le site de BFI Usine de Triage Lachenaie Itée (UTL) est localisé en bordure de l'autoroute 640 à environ 2 km au Nord de la Ville de Lachenaie (figure 2.1). La zone à l'étude se situe au Nord de l'ancienne zone d'enfouissement et de la zone actuellement en exploitation. Elle couvre les lots parties 77 à 87, 90, 93, 94 et 99 et 100 (figure 2.2).

2.2 TOPOGRAPHIE

Les élévations utilisées dans le présent document sont des élévations géodésiques selon le système NAD 83. L'élévation de référence sur le terrain est celle du point géodésique 78KP304 tel qu'indiqué dans le plan d'arpentage no. 21584A, minute 433 préparé par St-Pierre, Morin et Associés, arpenteurs-géomètres.

L'emplacement ainsi que les élévations des puits et piézomètres, tels que présentés dans ce rapport ont été mesurés lors d'un relevé d'arpentage complémentaire complété en février 2001 par la firme de Meunier, Fournier, Bernard, arpenteurs-géomètres à l'aide d'un système GPS (RTK).

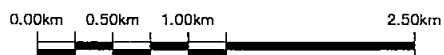
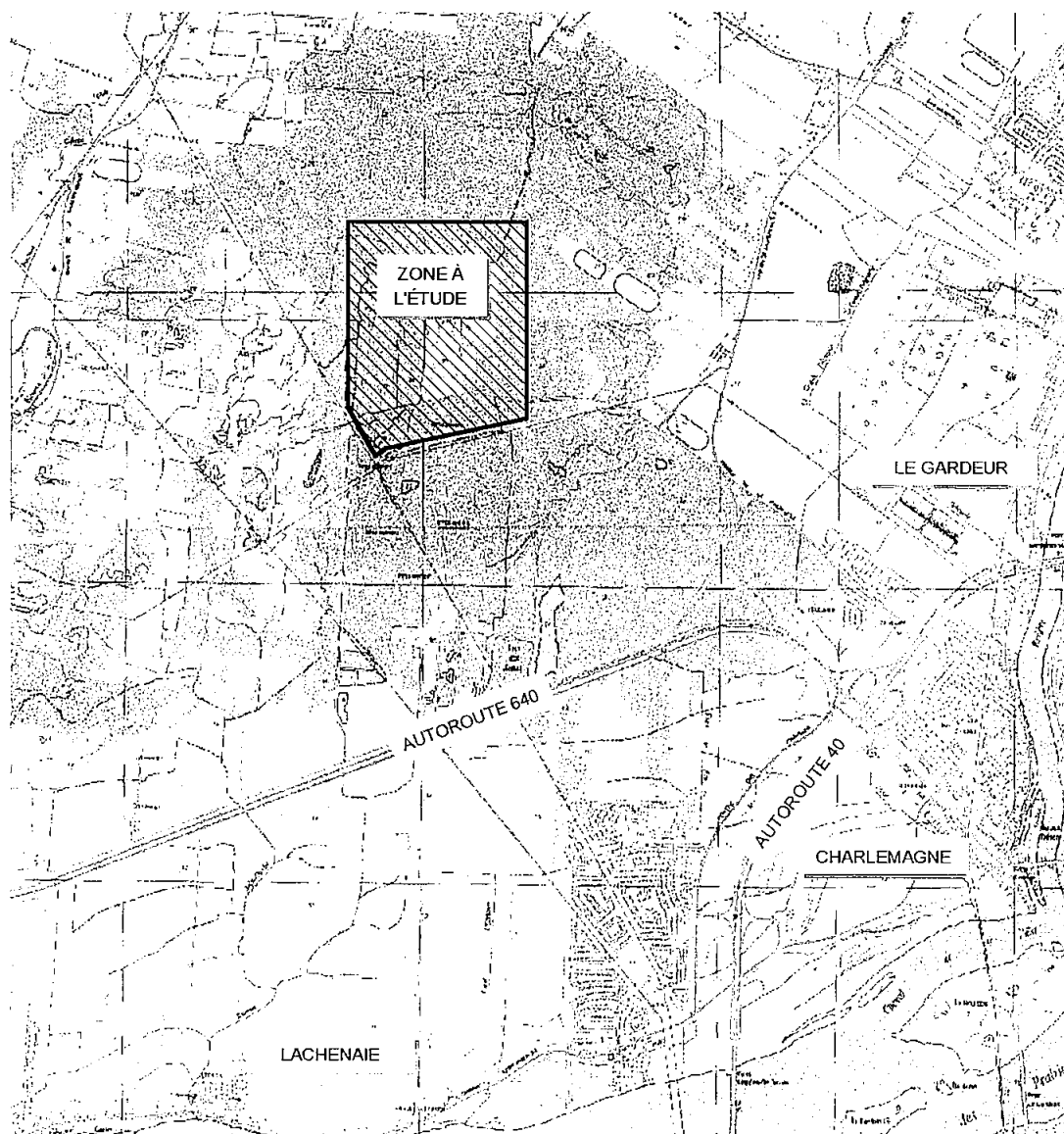
Le relevé topographique démontre que le terrain est relativement plat. L'élévation maximale (22,12 m) a été relevée au forage A14, situé dans le coin Nord-Est du site tandis que le point bas (16,44 m) a été mesuré au forage F00-1, situé à la limite Sud-Est du site. Il est donc possible d'observer une faible pente vers le Sud-Ouest du site. Certaines portions du site étaient mal drainées à cause principalement des opérations de la sablière adjacente à UTL, en particulier la zone entourant les forages F00-1, F00-11, F00-12 et F00-13 qui sont situés près de la limite Est du site ainsi que près du coin Sud-Ouest du site à l'étude. Deux bandes de matières résiduelles s'élèvent de près de 3 mètres de hauteur au-dessus du niveau du sol sur les lots 84, 85 et 87.

La rivière Mascouche est située approximativement 2,2 km à l'Ouest du site, tandis que la rivière des Prairies est située à près de 4,3 km au Sud du site. La rivière de l'Assomption est située à plus de 4 km à l'Est du site.

Une ligne de partage des eaux de surface avait été relevée à l'extrémité Nord-Ouest du site lors de la préparation d'une carte topographique dans le cadre de l'étude hydrogéologique et géotechnique de 1993. La pente du terrain naturel vers le Sud-Ouest était de 0,2%, tandis que

celle vers l'Ouest-Nord-Ouest n'était seulement que de 0,05%. Les récents forages A2 et A4 forment, approximativement, l'axe de cette ligne de partage dans cette portion du site.

FIGURE 2.1



PLAN DE LOCALISATION


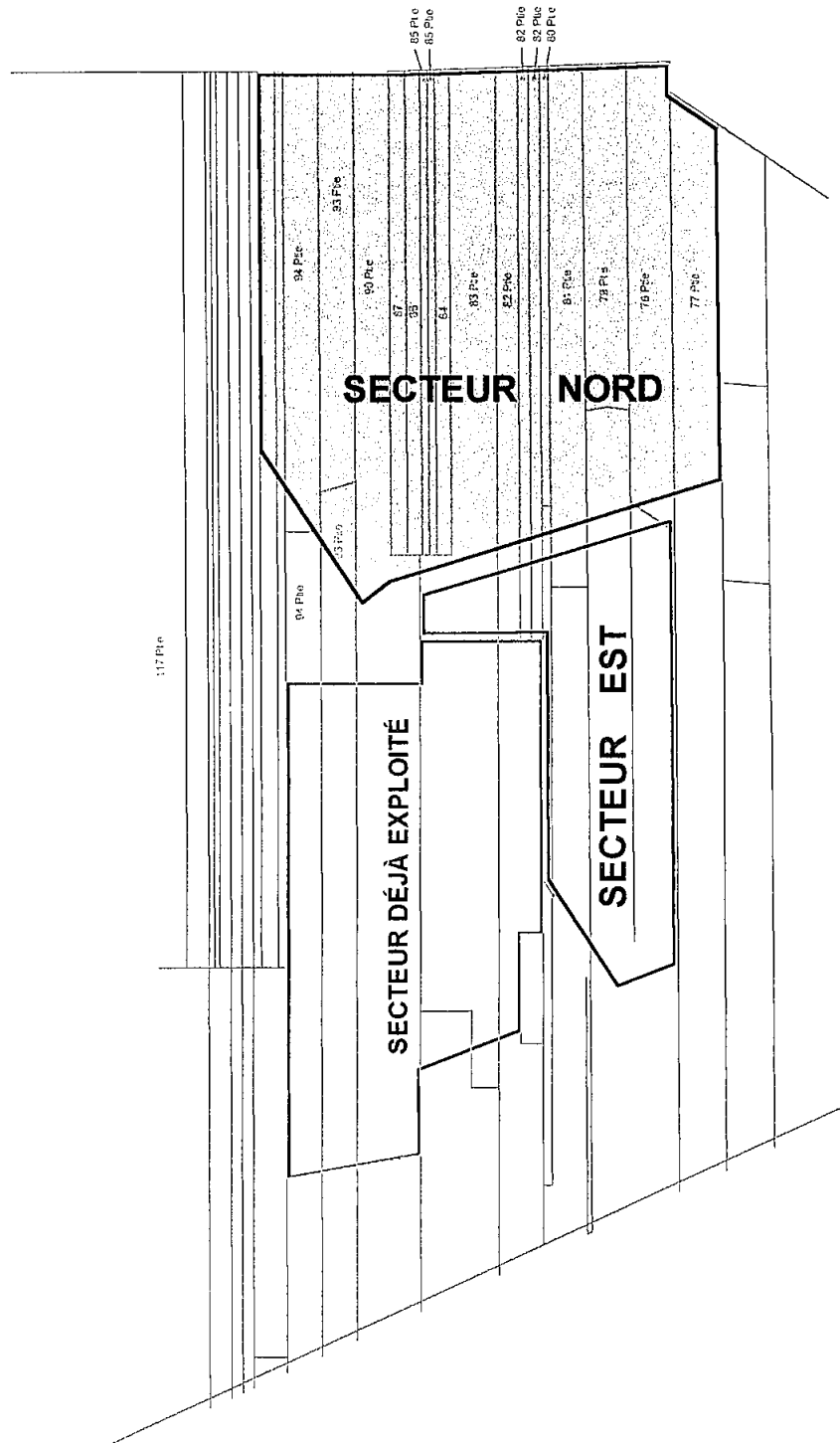
Client:		BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE		
Projet:		ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DU SECTEUR NORD		
Approuvé:	Dessiné:	Date:	Dossier:	
Luc Robitaille	E. Demontigny	Novembre 2001	293 2549 150	

FIGURE 2.2



LOCALISATION DES SECTEURS ACTUELS ET FUTUR

ÉCHELLE 1 : 20 000

Client: BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE

Projet: ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DU SECTEUR NORD

Approuvé: Luc Robitaille

Dessiné: E. Demontigny

Date: Mars 2001

Dossier: 293 2549 150



3. PROGRAMME DE RECONNAISSANCE

Le secteur Nord présentement à l'étude a fait l'objet en 1992 d'une étude hydrogéologique et d'une caractérisation des matières résiduelles enfouies dans le passé, sur les lots 84, 85 et 87 parties. D'autres travaux de reconnaissances ont aussi été réalisés sur les secteurs, au Sud du site étudié, qui sont exploités ou ont déjà été exploités. Ces travaux ont fait l'objet d'une synthèse effectuée en 1993 et intitulée « Compilation des données géologiques, géotechniques et hydrogéologiques du site UTL. Serrener Consultation, décembre 1993 ».

En 1996, une campagne de forage visant la mise en place de puits de contrôle dans la nappe du till au Sud du chemin Quintal a été réalisée.

L'actuel programme de reconnaissance complète donc l'historique des travaux complétés à ce jour sur la propriété UTL.

3.1 ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES

Les travaux visant l'acquisition de données pour le secteur Nord au niveau des matériaux en place et de l'eau souterraine sont résumés ci-après, de même que les ouvrages effectués au Sud du chemin Quintal, dont une partie des données sont utilisées dans le présent rapport.

3.1.1 Études antérieures

Les zones anciennement en exploitation ou en activité du LES de Lachenaie ont fait dans le passé, l'objet de nombreuses études pour déterminer les caractéristiques hydrogéologiques, géotechniques ainsi que la qualité des eaux souterraines de la nappe du till.

En janvier 1993 un document intitulé « Compilation des données géologiques, géotechniques et hydrogéologiques du site UTL inc. » a été élaboré. Il compilait les résultats des études suivantes :

- Terratech, rapport no. 7442-0-1. Étude géotechnique, Agrandissement du site d'enfouissement sanitaire. Usine de Triage Lachenaie inc. Lachenaie (Québec). 16 avril 1985. Rapport de sondage ;
- Étude de stabilité des pentes de l'excavation proposée. Cellule no.5. Site d'enfouissement sanitaire de Lachenaie. Commande no. 032903. Août 1991. Les laboratoires Ville-Marie. Rapport de sondage ;

- LVM Tech inc. Pumping test and geotechnical survey report. Cells number 7 to 12. Sanitary landfill. Order no. 560731. January 1992. Rapport de sondage ;
- Les laboratoires Ville-Marie inc. Étude géotechnique préliminaire, lots partie 78 et 79. Lachenaie (terrains chauvette). Janvier 1992. Rapport de sondage ;
- Browning-Ferris Industries Ltd. Usine de Triage Lachenaie inc. Monitoring des biogaz. N/D : BFI-ES-7. Octobre 1991. Rapport de sondage ;
- Qualité des eaux souterraines. Browning-Ferris Industries Ltd. Usine de Triage Lachenaie inc. Par: Serrener Consultation inc. Octobre 1991. BFI Usine de Triage Lachenaie inc. Résultats d'analyses physico-chimiques ;
- Demande d'exploitation du secteur est zoné enfouissement sanitaire. Volume 4. Étude géotechnique et hydrogéologique. Lots parties 78 à 83. N/D : 10-0293-411-4. Par : Serrener Consultation inc. Février 1993. Rapport de sondage et résultats d'analyses physico-chimiques ;
- Étude géotechnique et hydrogéologique. Lots parties 78 à 94. N/D : 10-0293-411-8. Par : Serrener Consultation inc. Juin 1993. Rapport de sondage et résultats d'analyses physico-chimiques ;
- Usine de Triage Lachenaie inc. Suivi de la qualité des eaux de la nappe du till. N/D : 10-0293-182-0/M93-051. Par : Serrener Consultation inc. Octobre 1993. Rapport de sondage et résultats d'analyses physico-chimiques ;
- Sondages, échantillonnages complémentaires, secteur est. Par Serrener Consultation inc. Décembre 1993. Rapport de sondage et résultats d'analyses physico-chimiques.

À cela, il faut ajouter les études suivantes :

- Caractérisation des déchets enfouis. Lots 84, partie de 85 et 87. N/D : 10-0293-020-1/M92-037 par Serrener Consultation inc. Juillet 1993 ;
- Serrener Consultation, Rapport géotechnique et hydrogéologique portant sur la réalisation de puits de contrôle de la qualité des eaux souterraines à l'Usine de Triage Lachenaie inc., août 1996.

Par ailleurs, nous avons utilisé, pour apprécier la qualité de l'eau du till, les rapports suivants :

- Serrener Consultation, Suivi de la nappe du till dans le cadre de l'exploitation du secteur est – 1^{re} campagne, juin 1996 ;
- Nove Environnement inc., Suivi de la qualité des eaux souterraines dans le cadre de l'exploitation du secteur est, Usine de Triage Lachenaie, campagne été 2000, octobre 2000 ;

- Nove Environnement inc., Suivi de la qualité des eaux souterraines dans le cadre de l'exploitation du secteur est, Usine de Triage Lachenaie, campagne printemps 2000, juillet 2000.

De 1986 à 1996, le ministère de l'Environnement exigeait que les échantillons d'eau souterraine prélevés dans le cadre d'étude ou de suivi de la qualité des eaux souterraines, soient filtrés. À partir de 1996, cette exigence a été annulée et remplacée par l'obligation de ne plus filtrer les échantillons d'eau souterraine avant analyse. Donc, le suivi de la qualité des eaux souterraines dans le cadre de l'exploitation du secteur Est, tel que défini dans le décret 1549-95, s'est fait sans filtration des échantillons.

3.1.2 Étude réalisée en 2001

Les travaux de terrain débutés en décembre 2000 et terminés en mars 2001 ont servi à recueillir des données sur les matériaux en place et sur l'eau souterraine du secteur Nord.

3.1.2.1 Travaux terrain

La surface du site à étudier est de l'ordre de 123 ha. En suivant les exigences de la « Directive pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet de lieu d'enfouissement sanitaire » de la Direction des évaluations environnementales mise à jour en décembre 2000, le nombre minimum de forages à réaliser est de $4 + \left(\frac{123 - 5}{5}\right) = 28$

En 2001, un total de 28 forages descendus dans le till et la couche d'argile ont été réalisés. Ils s'ajoutent à 4 forages descendus jusqu'au till en 1992. En aval de la zone étudiée, il faut ajouter 8 forages utilisés actuellement pour le suivi de la qualité des eaux souterraines. On peut donc considérer que le nombre de forages réalisés sur le secteur Nord et à proximité entre 1992 et 2001 est de 40. À cela il faut ajouter les forages réalisés dans les anciennes zones d'exploitation et le secteur Est. L'ensemble des travaux de reconnaissance rencontre donc largement les exigences de la directive et permet de dresser un portrait précis de l'hydrogéologie du secteur.

Ces travaux ont consisté en :

- 13 forages identifiés F00-1 à F00-13 arrêtés au sommet du roc à des profondeurs variant de 21,3 à 26,8 m. 12 d'entre eux ont été convertis en piézomètres et puits d'échantillonnage de la nappe du till. Ces forages ont permis l'échantillonnage d'argile intacte et remaniée ;

- 15 forages identifiés A-1 à A-15 complétés dans l'argile à 15 mètres de profondeur. Ceux-ci ont été équipés de lanternes surmontées de bouchons étanches afin de permettre la mesure de la perméabilité « in-situ » des argiles ;
- 10 essais de perméabilité « in-situ » dans le till et 15 essais de perméabilité « in-situ » dans l'argile.

3.1.2.2 Essais en laboratoire

- 6 essais de perméabilité en cellule triaxiale, sur des échantillons intacts d'argile, ont été réalisés ainsi que neuf essais de consolidation oedométrique avec mesure de la perméabilité sous différentes contraintes.

3.2 **ÉTUDE GÉOTECHNIQUE**

Lors des études complétées en 1992 et 1993, des essais en laboratoire ont permis de recueillir des données au niveau de l'argile en place. L'étude géotechnique complétée en 2001 est présentée dans un rapport distinct portant sur le secteur Nord, intitulé « Étude géotechnique, agrandissement du secteur Nord, lots parties 77 à 87, 90, 93, 94, 99 et 100 ».

3.2.1 **Études antérieures**

Les études géotechniques antérieures sont jointes à la « Compilation des données géologiques, géotechniques et hydrogéologiques du site UTL inc. », janvier 1993 tel que mentionné précédemment à la section 3.1.1.

3.2.2 **Étude réalisée en 2001**

L'étude géotechnique complétée dans le secteur Nord a permis de compléter la collecte des données sur l'argile en place. Ci-après, sont décrits sommairement les essais réalisés sur le terrain et en laboratoire.

3.2.2.1 Travaux terrain

- Prélèvement de 34 échantillons intacts d'argile prélevés à des profondeurs de 6, 12 et 18 mètres lors des forages F00-1 à F00-13 complétés dans le till, .

- Réalisation de 36 profils scissométriques Nilcon identifiés N1 à N37 avec des essais tous les 1,5 m jusqu'à des profondeurs comprises entre 13,0 et 20,0 m.

3.2.2.2 Essais en laboratoire

Les échantillons intacts d'argile prélevés dans des tubes à parois mince ont été soumis en laboratoire aux essais suivants :

- 34 descriptions visuelles et détubage ;
- 34 teneurs en eau ;
- 34 masses volumiques ;
- 33 cônes suédois (sur argile remaniée et non remaniée) ;
- 34 limites d'Atterberg ;
- 18 essais oedométriques avec mesure de la vitesse de consolidation sur 15 échantillons ;
- 3 densités relatives ;
- 8 analyses sédimentométriques.

4. MÉTHODES DE RECONNAISSANCE

Les travaux de forage ont été réalisés à l'aide d'une foreuse D-50 sur chenilles et une foreuse D-120 sur camion, selon la méthode de forage conventionnelle (forage rotatif à l'eau). Cette méthode s'est avérée la plus efficace par le passé sur le site de BFI Usine de Triage Lachenaie ltée à cause de la présence d'une nappe aquifère en charge dans le till. Lors des travaux de forage, un appareil Gasport de MSA était utilisé afin de mesurer la concentration du gaz méthane naturel pouvant sortir du forage.

4.1 ARPENTAGE

Les 28 forages ont fait l'objet d'un relevé d'arpentage afin de les localiser et de mesurer l'élévation du terrain naturel et d'un point de référence, soit dans notre cas, le sommet du tubage protecteur. Cette mesure servira par la suite de point de référence afin de déterminer l'élévation de l'eau souterraine dans chaque puits.

Les travaux d'arpentage ont été effectués par la firme Meunier, Fournier, Bernard Arpenteurs-Géomètres à l'aide du système GPS de type RTK. Les mesures d'élévation et de localisation ont été effectuées avec une précision d'un centimètre.

4.2 FORAGES ET ÉCHANTILLONNAGE DES SOLS

Dans le cadre du présent mandat, quinze forages ont été complétés dans la couche d'argile, jusqu'à une profondeur de 15 mètres. De plus, treize forages ont été complétés dans la couche de till, soit à une profondeur variant entre 21,3 m et 26,8 m. La localisation des forages A1 à A15 (argile) ainsi que F00-1 à F00-13 (till) est présentée sur le plan d'implantation (figure 4.1). Cette figure illustre aussi l'emplacement de forages complétés lors d'études antérieures et qui ont été utilisés dans l'interprétation des caractéristiques hydrogéologiques du site.

En ce qui concerne la série de forages profonds (F00-1 à F00-13), des échantillons de sols remaniés ont été prélevés aux profondeurs suivantes 1,5 m, 3 m, 9 m et 15 m dans chacun des forages à l'aide d'une cuillère fendue, tandis que des tubes Shelby ont été prélevés à 6 m, 12 m et 18 m de profondeur afin d'obtenir des échantillons d'argile non-remaniée pour fins d'analyses en laboratoire. Pour la série de forage complétée dans l'argile (A1 à A15), des échantillons remaniés ont été prélevés aux profondeurs suivantes : 1,5 m, 3 m, 6 m, 9 m et 12 m.

Des difficultés importantes ont été rencontrées lors de l'avancement des forages et de l'installation des puits d'observation. Ces difficultés sont reliées à la présence de fortes pressions hydrauliques

et à l'émanation de quantités importantes de gaz naturel au niveau de l'aquifère du till qui est sous-jacente à la couche d'argile. Ces pressions ont occasionné des remontées de sable à l'intérieur du tubage, nécessitant dans certains cas, le lavage des fonds de trous de forage.

L'origine du gaz naturel rencontré dans certains forages en contact argile-till ne peut pas être attribué aux deux bandes de déchets de la zone Nord. Par ailleurs, certains puits qui généraient du gaz naturel étaient à plus de 300 m des bandes de déchets ci-haut mentionnées. En effet, ces déchets ont été déposés en surface de la couche d'argile. Cette dernière couche constituée d'argile saturée à 100 % constitue un écran infranchissable aux gaz empêchant toute communication entre le sommet et la base de la couche d'argile.

Les rapports de forage, complétés par les représentants de GSI Environnement, précisant la stratigraphie observée, les profondeurs de prélèvement d'échantillons de sol ainsi que les observations faites durant l'avancement des forages sont présentés à l'annexe 1. Les concentrations de méthane contenues dans le gaz naturel mesurées dans le till sont incluses sur chacun des rapports de forage ainsi que les niveaux d'eau observés lors de l'installation des puits d'observation et des piézomètres dans le till et l'argile.

Les fortes pressions ainsi que les émanations de gaz naturel ont empêché la mise en place d'un puits d'observation dans le forage F00-12 qui a été repris à proximité de son emplacement original et identifié F00-13. Des émanations de gaz naturel ont été observées dans chacun des forages complétés dans la couche de till, excepté dans le forage F00-10 situé dans le coin Sud-Est du site.

Les émanations de gaz naturel ont conduit à sceller le F00-12 en mai 2001. Par ailleurs, la présence de gaz était constatée en mai 2001 uniquement dans les forages F00-1, F00-3 et F00-8.

Suite à la réalisation des essais de perméabilité, les forages complétés dans l'argile ont fait l'objet d'un scellement. Les forages ont été scellés de la façon suivante :

- injection d'eau sous pression dans le tubage de PVC pour laver la silice et dégager le tubage ;
- remontée du tubage du PVC ;
- lavage du trou afin de nettoyer la silice et le coulis encore en place ;
- injection d'un coulis bentonitique de scellement.

Les scellements de puits dans l'argile ont été effectués du 27 février au 9 mars 2001.

4.3 PUIITS D'OBSERVATION ET PIÉZOMÈTRES

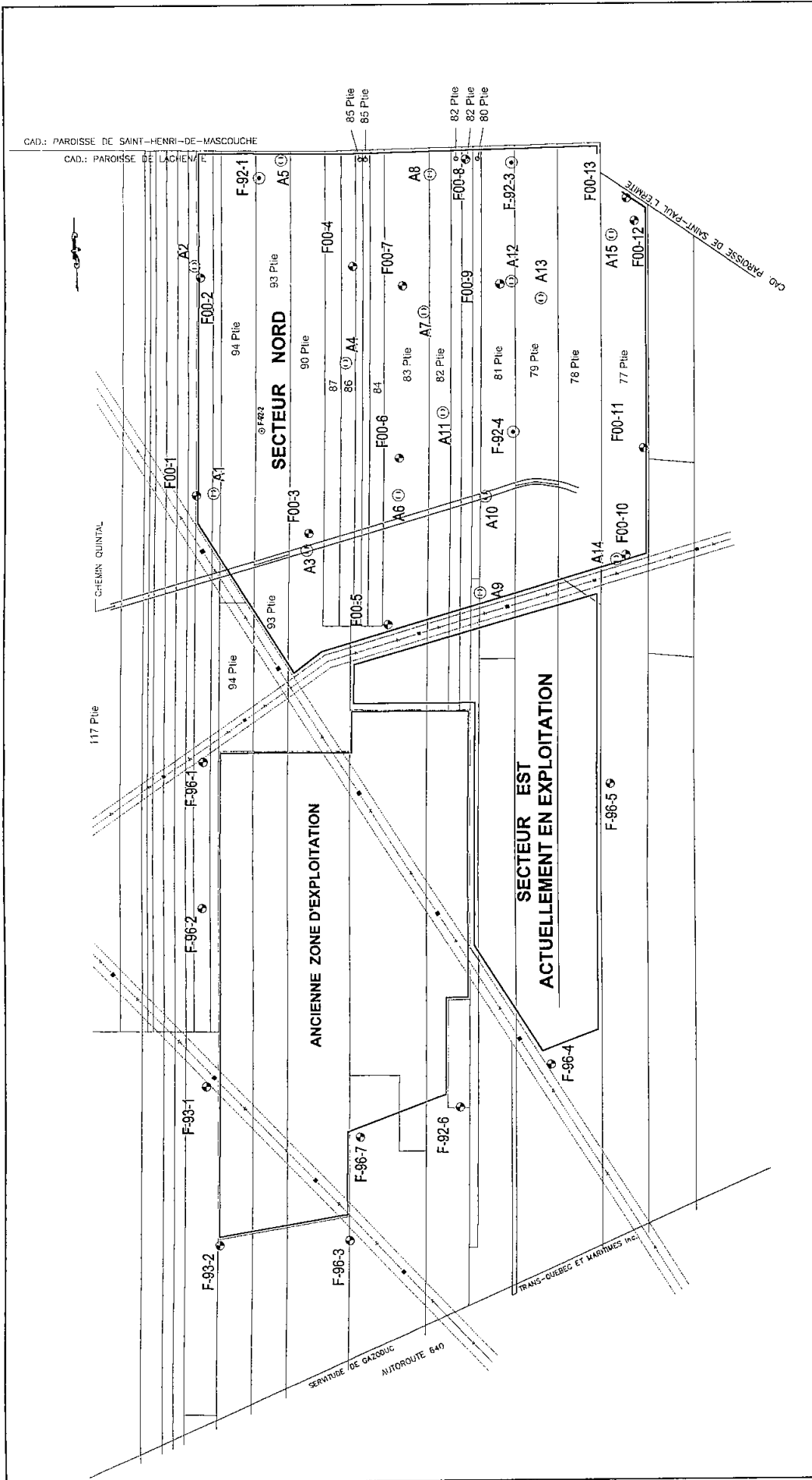
Des puits d'observation en PVC de 5 cm de diamètre ont été aménagés au niveau du till dans les forages F00-1 à F00-13 (sauf F00-12). La figure 4.2 présente un schéma type d'installation des puits d'observation. Les détails d'installation des puits sont présentés aux rapports de forage de l'annexe 1.

Des éléments filtrants préfabriqués (crépine avec massif filtrant) ont été utilisés afin d'assurer une installation efficace dans un contexte de fortes pressions hydrauliques et de gaz naturel. Ces éléments préfabriqués sont constitués d'un tube de PVC crépiné de 5 cm de diamètre inséré dans une gaine perforée de PVC de 9 cm de diamètre et 1,5 m de longueur. Le sable de silice calibré est introduit entre le PVC crépiné et la gaine de PVC. Le massif filtrant, en plus de recouvrir toute la zone crépinée, s'étend sur une longueur de 70 cm au-dessus de la crépine. Un bouchon de bentonite préfabriqué est assemblé au-dessus du massif filtrant. Pour cette section, la silice et la bentonite en boulettes sont insérées dans une gaine métallique perforée de 9 cm de diamètre de façon à enrober le tube de PVC plein surmontant la crépine.

Lors de la mise en place des puits d'échantillonnage, les étapes suivantes ont été suivies :

- lavage du fond des trous ;
- descente du tubage de PVC joint à l'élément filtrant préfabriqué et du bouchon de bentonite, lui aussi préfabriqué, au travers du tubage ;
- remontée du tubage jusqu'au niveau du bouchon de bentonite supérieur ;
- hydratation de la bentonite granulaire sur une nuit complète pour obtenir un bon scellement ;
- injection du bas vers le haut d'un coulis de bentonite afin de sceller l'espace annulaire dans le forage ;
- remontée du tubage en paliers de 1 mètre et injection continue du coulis ;
- mise en place d'un tube protecteur en acier ;
- mise en place de béton en surface.

Deux types de piézomètres ont été installés dans l'argile. En ce qui concerne les forages A-1, A-2, A-5 et A-14, des piézomètres de 2,54 cm de diamètre en PVC ont été installés, tandis que dans les 11 autres forages des piézomètres de 1,91 cm de diamètre en PVC ont été installés. Dans chacun des cas une lanterne de sable de silice de 2,15 mètres a été installée au niveau de la zone crépinée ainsi qu'un bouchon de bentonite granulaire de 0,6 m d'épaisseur. Par la suite, un coulis de bentonite était injecté de bas en haut jusqu'en surface. Un tubage protecteur en acier était ensuite mis en place et cimenté.




	Client: BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE	Projet:	
	Titre: PLAN D'IMPLANTATION DES ESSAIS	Étude HYDROGÉOLOGIQUE DU SECTEUR NORD	
Approuvé: Luc Robitaille	Dessiné: E. Demontigny	Date: Février 2001	Décédé: 293 2549 150
		Échelle: 1 : 10 000	Figure: 4.1

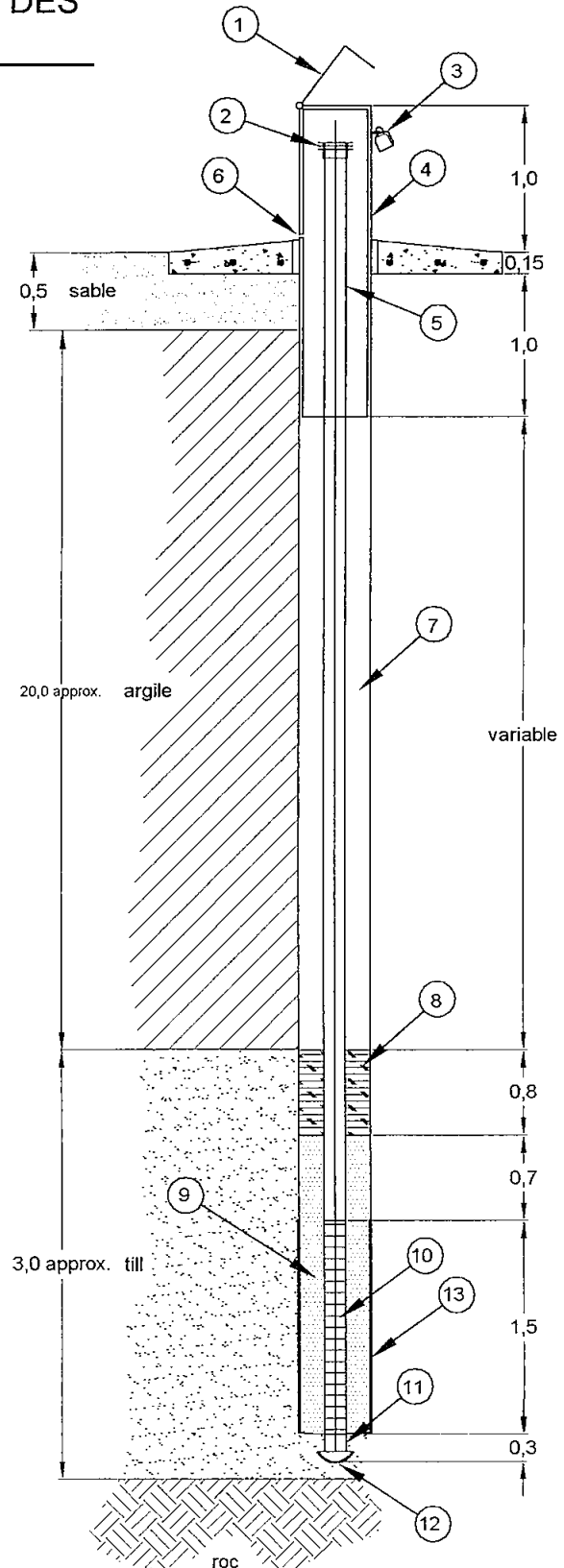
FIGURE 4.2

SCHÉMA DES PUIITS D'OBSERVATION DES EAUX SOUTERRAINES DANS LE TILL

aucune échelle

LÉGENDE

- ① COUVERCLE DU TUBE PROTECTEUR
- ② BOUCHON PVC
- ③ CADENAS
- ④ TUBE PROTECTEUR ACIER 150 Ø mm
- ⑤ TUBE DE CPV 50 Ømm
- ⑥ TROU DE DRAINAGE
- ⑦ COULIS DE BENTONITE, SANS CIMENT
- ⑧ BOUCHON DE BENTONITE PRÉFABRIQUÉ (PELTONITE - FOREXEAU AVEC GRILLAGE EN ALUMINIUM)
- ⑨ SABLE DE SILICE CALIBRÉ
- ⑩ CRÉPINE CPV 50 Ømm
- ⑪ RÉSERVOIR À SÉDIMENTS
- ⑫ BOUCHON DE FOND PVC
- ⑬ GAINÉ DE PVC



4.3.1 Qualité des eaux de forage

La réalisation des forages au site d'UTL a nécessité l'utilisation d'eau pour forer, équilibrer les pressions hydrostatiques là où c'était nécessaire, laver les trous de forage et confectionner le coulis de bentonite pour le scellement des puits de contrôle.

La source d'approvisionnement en eau qui a été retenue pour l'exécution des travaux de forage est l'eau d'une borne-fontaine reliée à l'aqueduc de Lachenaie. Cette borne-fontaine est située près de l'entrée du site UTL.

Cette eau de forage a été échantillonnée par GSI Environnement à la sortie de la borne-fontaine. L'échantillon d'eau a par la suite été envoyé au Laboratoire Philips Environnement pour analyse afin de vérifier la qualité de l'eau introduite dans les trous de forage. Le prélèvement a eu lieu le 9 février 2001. Les résultats de ces analyses apparaissent au tableau 4.1 et le certificat d'analyses est joint à l'annexe 3.

4.3.2 Développement des puits dans le till

Les puits dans le till ont été développés par pistonnage « Surge Block Lifting » à l'aide d'une pompe « Hydrolift » électrique et du système dédié « Waterra » là où se fut possible. En effet, certains puits (F00-1, F00-3 et F00-12) n'ont pu être développé dû à de très fortes émanations de gaz naturel qui pouvaient occasionner une expulsion hors du tubage ou un bouillonnement de l'eau souterraine, d'ailleurs, le forage F00-12 n'a pu être converti en puits d'observations pour ces raisons. Des mesures de température, de pH, de conductivité et de turbidité ont été prises durant les travaux de développement. Les fiches de développement des puits sont regroupées à l'annexe 4.

Une tentative de développement du puits F00-3 a eu lieu, mais arrêtée après une purge de 15 litres d'eau, suite à une forte venue de gaz naturel. Par ailleurs, les puits F00-2, F00-5 et F00-10, dû à une très faible recharge de l'aquifère n'ont pu permettre la purge d'une quantité d'eau supérieure à 100 litres.

Ainsi, les puits F00-4 à F00-9, F00-11 et F00-13 ont pu faire l'objet d'un développement permettant une purge d'au moins trois (3) fois le volume du puits.

Au départ, le pistonnage a été effectué de bas en haut à partir de l'extrémité inférieure de la crépine par incréments de 0,90 m. La course du piston de la pompe Hydrolift était d'environ 0,15 m. Une durée de pompage minimale de 15 minutes était effectuée à chaque palier. Cette

procédure a été réalisée sur toute la longueur de la crépine. Cette première étape a été désignée sous le terme de pré-développement.

Tableau 4.1 Résultats des analyses chimiques portant sur l'eau de forage - aqueduc de la Ville de Lachenaie

Paramètres	Unité	Résultats
		Eau de forage aqueduc de Lachenaie
Date de prélèvement		09/02/01
pH		7,08
Coliformes totaux	U.F.C./100 ml	< 1
Coliformes fécaux	U.F.C./100 ml	< 1
Chlorures	mg/l	16
Sulfates	mg/l	30
Sulfures	mg/l	< 0,02
Cyanures	mg/l	< 0,01
DBO ₅	mg/l	< 3
DCO	mg/l	< 5
Composés phénoliques (CGSM)	mg/l	< 0,0008 ⁽¹⁾
Azote ammoniacal	mg/l	< 0,02
NO ₂ + NO ₃ en N	mg/l	0,5
Aluminium (tot. / dissous)	mg/l	< 0,05 / 0,05
Arsenic (tot. / dissous)	mg/l	< 0,001 / < 0,001
Bore (tot. / dissous)	mg/l	< 0,02 / < 0,02
Cadmium (tot./dissous)	mg/l	< 0,001 / < 0,001
Chrome (tot. / dissous)	mg/l	< 0,005 / < 0,005
Cuivre (tot. / dissous)	mg/l	< 0,005 / < 0,005
Fer (tot. / dissous)	mg/l	0,16 / 0,19 ⁽²⁾
Magnésium (tot. / dissous)	mg/l	3.1 / 2.9
Manganèse (tot. / dissous)	mg/l	< 0,005 / < 0,005
Mercure (tot. / dissous)	mg/l	< 0,0001 / < 0,0001
Nickel (tot. / dissous)	mg/l	< 0,005 / < 0,005
Plomb (tot. / dissous)	mg/l	< 0,01 / 0,01
Sélénium (tot. / dissous)	mg/l	< 0,001 / < 0,001
Zinc (tot. / dissous)	mg/l	< 0,01 / < 0,01

(1) sommation

(2) (2) valeurs à considérer semblables compte tenu de la précision de la méthode de dosage près de la limite de détection

Par la suite, l'étape du développement proprement dit débutait. La tubulure « Waterra » était abaissée jusqu'au bas de la crépine pour y nettoyer le fond. Le débit utilisé lors du développement variait généralement entre 2 et 3 L/min. Dans certains cas, le débit utilisé était inférieur à ces valeurs afin d'éviter un trop grand rabattement qui aurait pu favoriser des venues de gaz naturel et un manque d'eau. Lors de travaux antérieurs (« UTL, Suivi de la qualité des eaux de la nappe du till », Serreiner Consultation inc., octobre 1993) des constatations semblables avaient été faites. Après avoir nettoyé le fond, la tubulure « Waterra » était remontée par paliers successifs en maintenant si possible le même débit. À chacun des paliers, un volume d'au moins 1,5 fois le volume du puits était pompé là où la recharge du puits s'avérait suffisante.

Des mesures de température, de pH, de conductivité et de turbidité étaient réalisées régulièrement en cours de développement sur l'eau souterraine pompée. Les résultats de ces mesures ont été notés dans les fiches de développement en annexe 4. Les mesures se poursuivaient tant et aussi longtemps que les paramètres ne présentaient pas une stabilisation durant au moins trois mesures consécutives lorsque possible, et ce, à chacun des paliers. Une fois la stabilisation des paramètres atteinte, le développement au prochain palier débutait.

Les mesures de pH, conductivité et température ont été effectuées avec un appareil de marque OAKTON combinant les mesures des trois paramètres et les mesures de turbidité ont été effectuées avec un appareil de marque LaMotte modèle 2020. Les appareils étaient calibrés au début de chaque journée. Les appareils étaient nettoyés avec de l'eau distillée entre chaque série de lecture.

De façon générale, la stabilisation de la température et du pH et de la conductivité était atteinte rapidement. Le paramètre pour lequel la stabilisation était la plus difficile à atteindre était la turbidité. La turbidité visée dans les procédures de BFI était de 5 NTU ou moins. Dans tous les cas, il n'a pas été possible d'atteindre cette valeur. Le développement s'est poursuivi à chaque palier aussi longtemps qu'une baisse de la turbidité de l'eau était constatée. La plus faible valeur de turbidité obtenue lors du développement des puits a été de 38 NTU au puits F00-11 pour lequel 974 litres d'eau ont été purgés. Plusieurs des puits étant caractérisés par une faible recharge et un till très fin au niveau de la crépine, il n'a pas été possible d'obtenir une turbidité inférieure à 200 NTU malgré un volume d'eau pompé cumulatif de 156 et 705 l durant le développement. Ces volumes représentent 3 fois à 14 fois le volume d'eau contenu dans ces puits de contrôle.

Les développements de puits étaient échelonnés sur deux jours ou l'équivalent de 18 heures maximum. Si un manque d'eau se présentait lors du développement, un temps d'attente pour permettre la recharge du puits était alloué, s'étendant sur quelques jours.

Des lectures du niveau d'eau avant et durant le développement ont aussi été prises. Lorsque jugées nécessaires, des mesures de la concentration en méthane du gaz naturel ont été réalisées. Ces mesures sont inscrites sur les fiches de développement en annexe 4 et sur les rapports de forages.

Les lectures de niveau d'eau ont été prises avec une sonde à niveau d'eau de marque HERON, alors que les mesures des concentrations en méthane de gaz naturel ont été effectuées avec un appareil de marque MSA modèle Gasport, calibré à chaque jour d'utilisation étant donné les concentrations élevées rencontrées.

4.4 MESURE DE LA PERMÉABILITÉ IN SITU

Des essais de conductivité hydraulique in situ de type Lefranc à niveau ascendant ont été réalisés dans tous les puits complétés dans l'argile ainsi que dans 10 des 13 puits complétés dans la couche de till. Pour les puits dans le till, les essais étaient réalisés suite au développement des puits. La remontée du niveau d'eau était enregistrée sur une période d'environ 2 heures. Les essais n'ont pu être réalisés dans les puits présentant de trop fortes émanations de gaz méthane dû à une variation du niveau d'eau occasionnée par le mélange de gaz et d'eau.

Quant aux puits dans l'argile, une tubulure Waterra a été utilisée pour abaisser le niveau d'eau dans le tubage. La remontée de l'eau était ensuite notée sur une période d'au moins trois jours.

Les résultats des ces essais sont rapportés dans les tableaux 7.2 et 7.4. Les formulaires de calcul sont à l'annexe 5 de ce rapport. Le formulaire type ainsi que l'interprétation des résultats sont basés sur la norme BNQ 2501-135.

5. GÉOLOGIE

La géologie régionale a été résumée dans le rapport portant sur le Levé géotechnique de la région de Terrebonne-l'Assomption, ministère des Richesses naturelles (Dion, D.J., 1977, Rapport DPV-552). L'information qui y est présentée est résumée dans la section qui suit, de même que les informations recueillies au cours des présents travaux.

Socle rocheux

Bien que rencontré lors d'étude précédente, le socle rocheux n'a pas été carotté ou échantillonné dans le cadre de la présente étude. Typiquement, les roches de la région sont d'origine sédimentaire. Elles appartiennent au Groupe d'Utica d'âge Ordovicien et sont composées de shales argileux. Aucun affleurement rocheux n'est présent dans un rayon de un kilomètre du site. Cependant, les élévations du contact supérieur du roc obtenues lors des forages précédents montre une pente vers l'Est-Nord-Est.

Dépôts meubles

L'épaisseur des dépôts meubles est importante sur la terrasse de Terrebonne. Les argiles de la mer de Champlain constituent l'unité la plus épaisse et la plus fréquemment rencontrée. Sur la majorité du site on retrouve, au-dessus de l'argile une mince couche de sable associé aux hautes terrasses d'origine glaciaire. Dans le secteur à l'étude, le sable a été exploité de façon commerciale par les compagnies Sablières Champlain et Sable Thouin. Pour sa part, UTL n'a jamais exploité le sable de cette zone à des fins commerciales mais uniquement pour ses propres besoins.

Par endroit, le secteur à l'étude présente en surface des zones mal drainées à cause des faibles pentes et de la faible perméabilité des argiles sous-jacentes. Le drainage de surface étant difficile, des fossés doivent être aménagés pour le faciliter.

L'argile repose sur une couche de till qui varie en composition d'un sable à un sable avec des proportions variables de silt. Ce till repose directement sur le socle rocheux. Lors de l'exécution des forages profonds qui ont pénétré la couche de till, des dégagements de gaz naturel rencontrés au contact till-roc ont été constatés.

6. STRATIGRAPHIE

La coupe stratigraphique, telle que définie lors des études complétées sur la propriété d'UTL, indique qu'à l'échelle du site, la stratigraphie est homogène et composée des unités suivantes :

- une couche de terre végétale discontinue de moins de 0,30 m d'épaisseur ;
- une couche de sable de surface d'épaisseur variable ;
- un dépôt d'argile silteuse d'une épaisseur de plus de 18 mètres ;
- une couche de till de fond ; et
- le socle rocheux composé de schiste argileux.

Les figures 6.2 à 6.4 montrent les coupes stratigraphiques A-A', B-B' et C-C'.

6.1 TERRE VÉGÉTALE

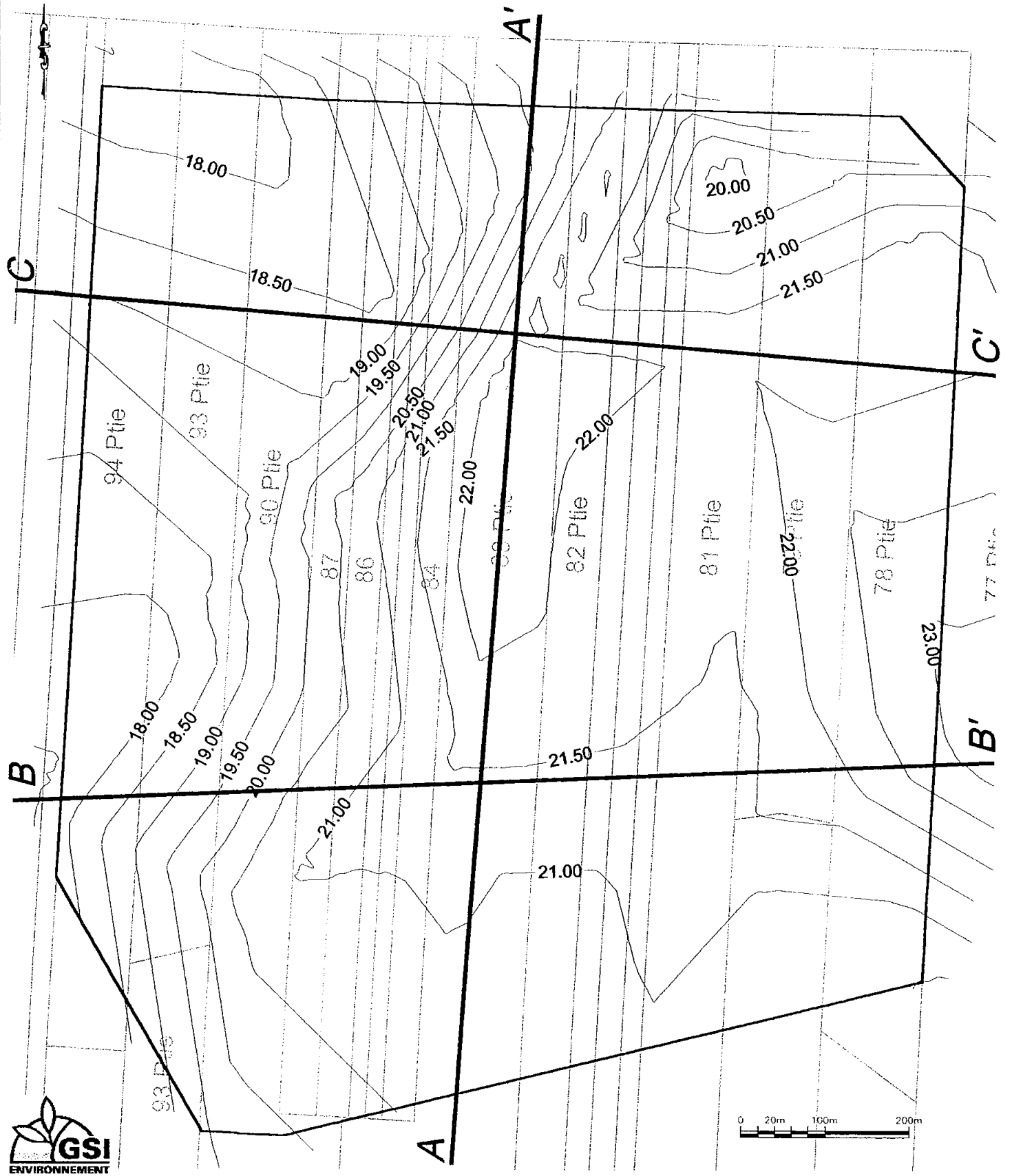
La terre végétale est discontinue sur la propriété d'UTL puisque plusieurs secteurs ont été décapés. L'épaisseur de la couche, là où elle a été observée, varie entre 0,1m et 0,7m.

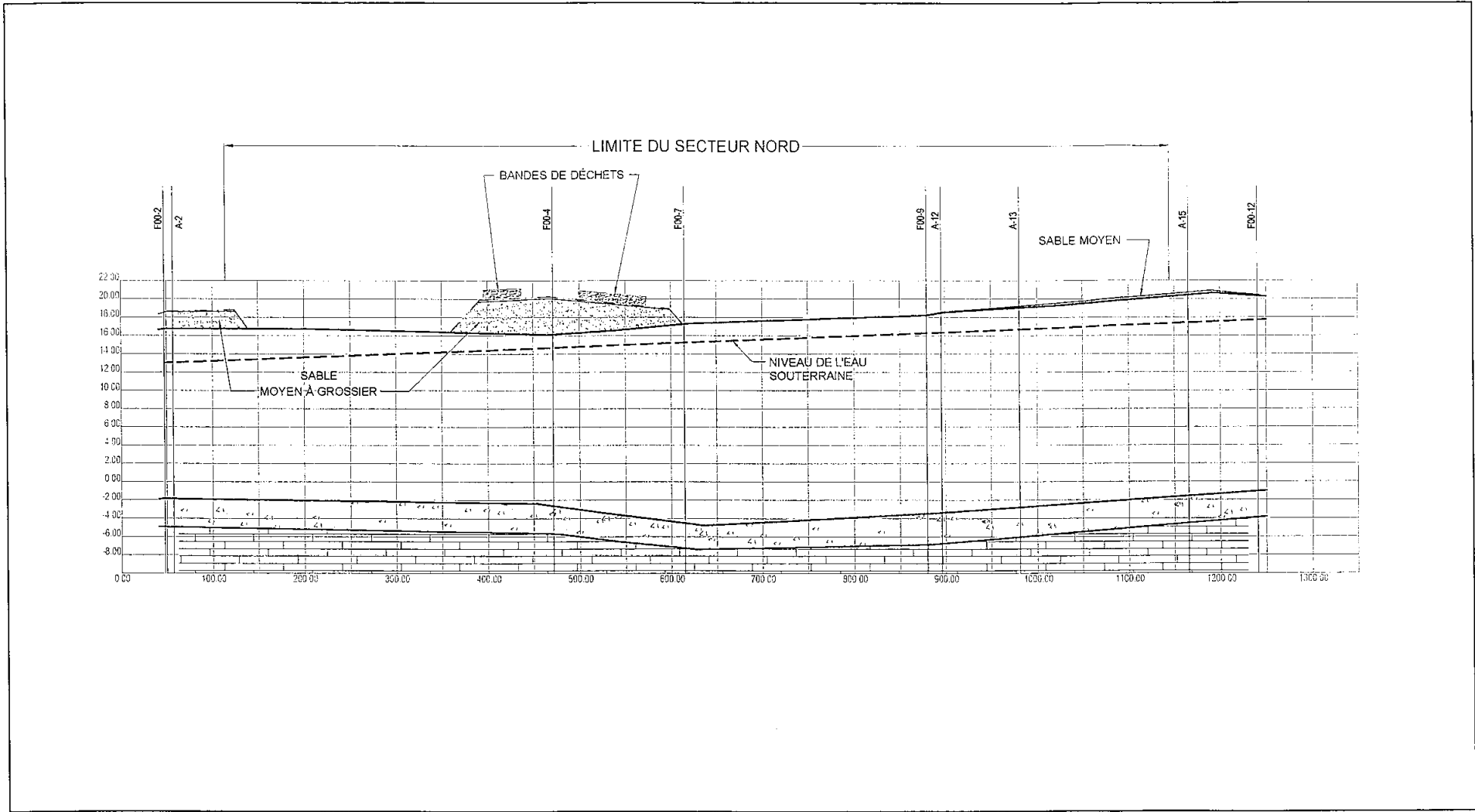
6.2 SABLE DE SURFACE

La couche de sable de surface est composée généralement de sable fin à grossier avec des traces de silt. Le sable devient généralement plus fin et plus silteux lorsqu'on s'approche de la couche d'argile. L'épaisseur de la couche varie entre 0 m (forages F00-11, A9 et A11), et 4,3 m (forage F00-4). En général, là où elle est présente, la couche de sable a une épaisseur de moins de 1,2 m. La compacité du sable, d'après les études précédentes, est variable. Aucune mesure de l'indice N (essai standard du Standard Penetration Test) de compacité n'a été prise lors de la présente étude. Il est à noter que cette couche de sable a été en majorité exploitée sur le secteur Nord sur une base commerciale par les compagnies Sablières Champlain et Sable Thouin et pour ses propres besoins pour l'exploitation de son LES par UTL. Ce sable a été entre autres exploité lors de la construction de l'Autoroute 640.

Étude Hydrogéologique du Secteur Nord

Figure 6.1 - Épaisseur de la couche d'argile










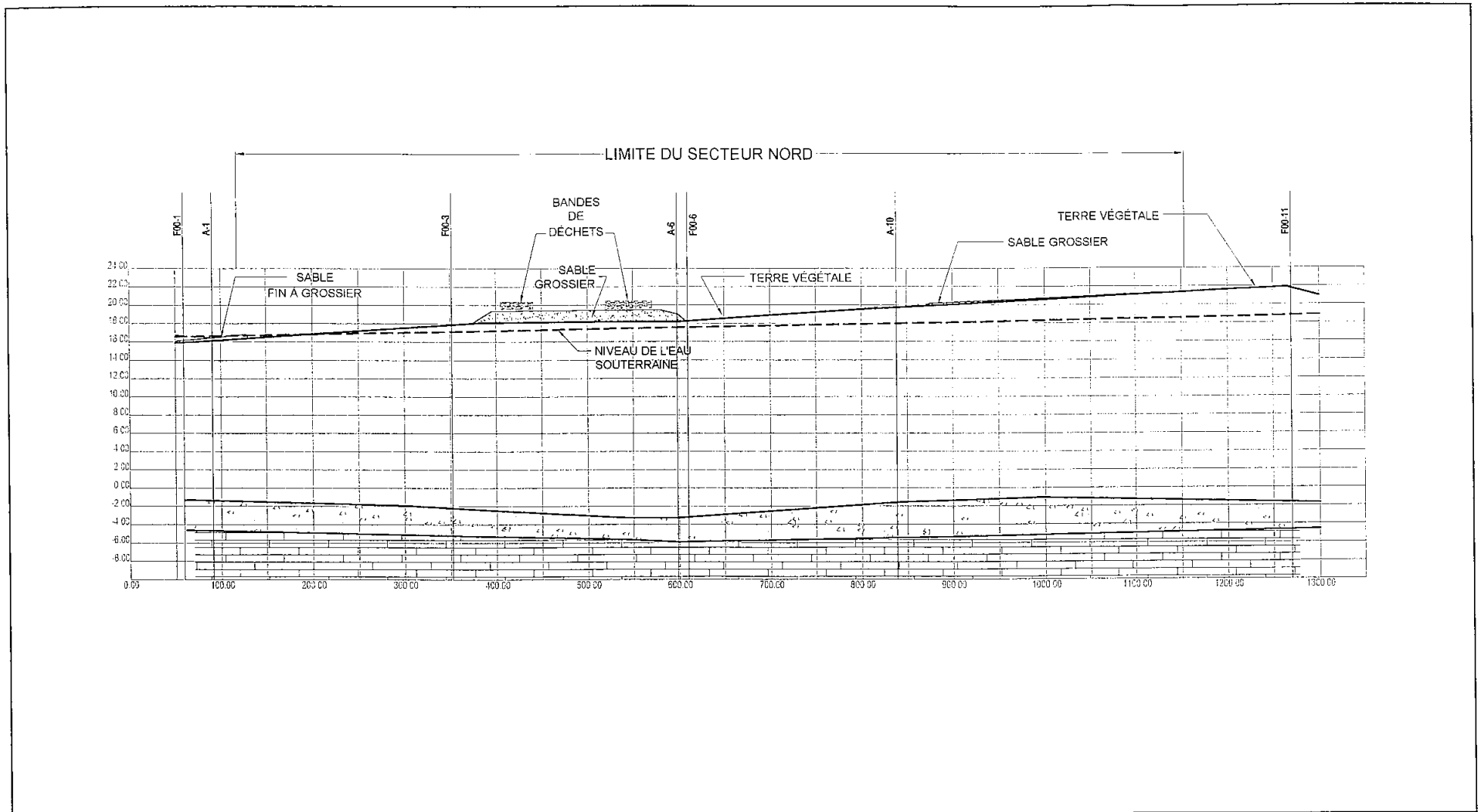
	Client: BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE	Projet: ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DU SECTEUR NORD	Légende: <ul style="list-style-type: none">  SABLE  ARGILE  TILL  ROC
	Titre: COUPE STRATIGRAPHIQUE C-C'	Échelle: Indiquée	
Approuvé: Luc Robitaille	Dessiné: E. Demontigny	Date: Mars 2001	Dossier: 293 2549 150

Figure: 6.4








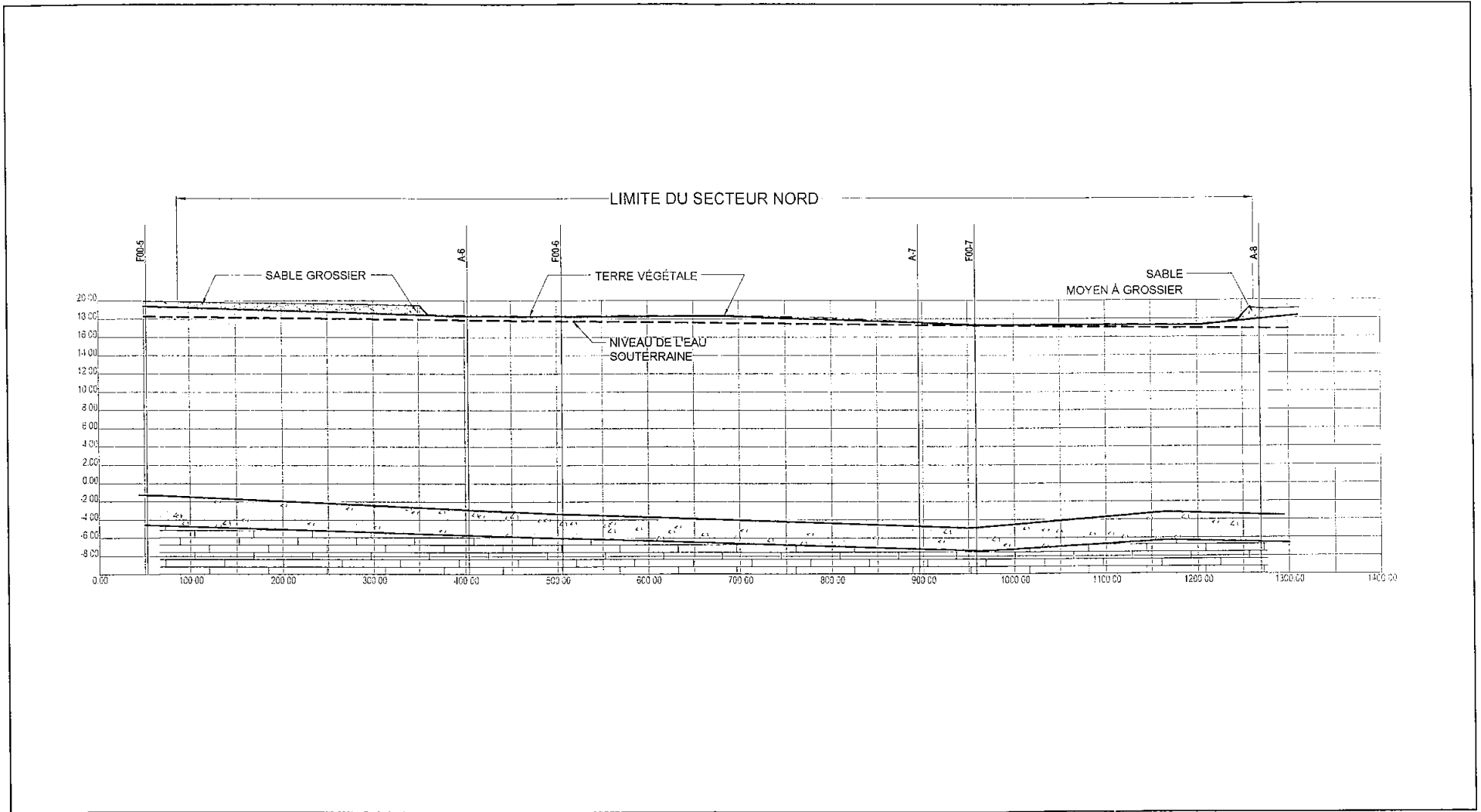


	Client: BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE		Projet:		Légende: <ul style="list-style-type: none">  SABLE  ARGILE  TILL  ROC
	Titre: <p style="text-align: center;">COUPE STRATIGRAPHIQUE B-B'</p>		ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DU SECTEUR NORD		
	Approuvé: Luc Robitaille	Dessiné: E. Demontigny	Date: Février 2001	Dossier: 293 25-49 150	

Figure: 6.3



	Client: BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE		Projet: ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DU SECTEUR NORD		Légende:  SABLE ARGILE TILL ROC
	Titre: COUPE STRATIGRAPHIQUE A-A'				
Approuvé: Luc Robitaille	Dessiné: E. Demontigny	Date: Février 2001	Dossier: 293 2549 150	Échelle: Indiquée	Figure: 6.2

6.3 ARGILE

Tel que mesuré lors de la présente campagne de forage, l'épaisseur de la couche d'argile varie entre 17,1 m (forage F00-1) et 23,6 m (forage F00-11). La figure 6.1 illustre l'épaisseur de la couche d'argile dans la zone couverte par la présente étude. Cette couche est constituée de façon homogène d'une argile silteuse avec des traces de coquillages et de matières organiques qui se reconnaissent par des mouchetures noires. Ces mouchetures qui, en général, ne font que quelques millimètres, sont concentrées en minces laminations qui peuvent atteindre quelques centimètres d'épaisseur.

Lors de la description de deux échantillons remaniés (cuillère fendue) prélevés dans les forages A-3 (6,0 m) et F00-2 (15 m), une lentille de sable < 5 mm a été observée. Pour les échantillons intacts (Shelby), des nodules de sables et des traces de gravier ont été décrits dans les forages F00-4 (12,22 m), F00-6 (18,36 m), F00-7 (18,37 m) et F00-11 (12,0 m). Ces passées granulaires ponctuelles apparaissent comme noyées dans une matrice constituée de façon homogène d'argile silteuse.

6.4 TILL

La composition du till est très variable en fonction de la profondeur et de la localisation. Il est généralement composé de sable et de silt avec des fractions variables d'argile et de gravier. La compacité varie de moyenne à dense. L'épaisseur de cette couche, comme mesurée dans les 13 forages profonds réalisés lors de cette étude, varie entre 1,8 m (forage F00-12) et 5,0 m (forage F00-11). L'épaisseur moyenne de la couche de till est d'approximativement 3,0 m. Les études antérieures indiquent que la couche de till peut atteindre 5,0 m d'épaisseur.

De fortes pressions de la nappe du till et des émanations de gaz naturel parfois importantes ont été observées dans tous les forages profonds complétés durant l'hiver 2000, excepté dans le forage F00-10. Le forage F00-12 a dû être abandonné suite à une remontée d'eau, sous la pression du gaz, qui jaillissait du tubage rendant l'installation d'un piézomètre impossible.

6.5 SOCLE ROCHEUX

Le roc n'a pas été carotté dans le cadre de la présente étude. D'après l'information disponible, le socle rocheux est composé de schiste argileux (shale) noir ou gris d'Utica, d'âge Ordovicien, fracturé en surface.

7. CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

L'ensemble des données hydrogéologiques compilées lors d'études antérieures démontre l'existence d'une nappe libre discontinue dans la couche de sable de surface encore présente ainsi que d'une nappe profonde située dans l'horizon de till. La nappe présente dans le till représente l'aquifère régional. Cette nappe captive impropre à la consommation à cause de son importante salinité est par ailleurs protégée d'une éventuelle contamination de surface par l'épaisse couche d'argile de Champlain présente dans toute la zone.

Tous les forages réalisés dans le cadre de la présente campagne ont été complétés au niveau du till en piézomètres. Le tableau 7.1 résume les détails d'installation des puits d'observation et des piézomètres utilisés dans l'interprétation des données hydrogéologiques.

Les caractéristiques hydrogéologiques de chacune des formations présentes sur le site d'UTL sont résumées ci-dessous;

7.1 SABLE DE SURFACE

Telle que décrite dans la section 6.2, la couche de sable a été observée de façon discontinue sur le site d'UTL. En effet, sur la majeure partie du site étudiée, la couche de sable qui était présente a été exploitée. Il reste une quantité exploitable minimale au Sud du chemin Quintal. En zone Est, la couche de sable en place est mince. On ne peut donc plus parler de nappe perchée de la couche de sable, celui-ci ayant été exploité, mais plutôt d'écoulement des eaux de surface. Le sens d'écoulement est contrôlé par la topographie locale ainsi que par un réseau de fossés de drainage, excavés à plusieurs endroits afin de faciliter le drainage de l'eau de surface.

Tableau 7.1. Aménagement des puits dans le till et l'argile

Piézomètres dans le till

# Forage	Élev. Haut protecteur (m)	Haut Protecteur (m)	Élev. T.N. (m)	Niv. D'eau (m)*	Élev.Nappe (m)	Élévation		Lanterne Haut (m)	Longueur (m)	Diam. Lanterne (cm)	Diam. Tubage (cm)
						Bas (m)					
F00-1	17,99	1,29	16,70	1,40	16,59	-4,30		-2,10	2,2	10,16	5,08
F00-2	19,86	0,98	18,88	10,08	9,78	-4,62		-2,42	2,2	10,16	5,08
F00-3	20,04	1,03	19,01	2,65	17,39	-4,19		-1,99	2,2	10,16	5,08
F00-4	21,36	1,12	20,24	9,36	12,00	-5,36		-3,16	2,2	10,16	5,08
F00-5	20,89	1,08	19,81	2,59	18,30	-4,29		-2,09	2,2	10,16	5,08
F00-6	19,40	1,03	18,37	1,61	17,79	-5,73		-3,53	2,2	10,16	5,08
F00-7	18,78	1,18	17,60	1,52	17,26	-7,10		-4,90	2,2	10,16	5,08
F00-8	20,21	1,14	19,07	3,61	16,60	-6,53		-4,33	2,2	10,16	5,08
F00-9	19,99	0,95	19,04	1,70	18,29	-6,56		-4,36	2,2	10,16	5,08
F00-10	22,88	0,99	21,89	3,92	18,96	-3,71		-1,51	2,2	10,16	5,08
F00-11	23,23	1,08	22,15	6,04	17,19	-4,35		-2,15	2,2	10,16	5,08
F00-13	21,80	1,00	20,80	1,93	19,87	-3,60		-1,40	2,2	10,16	5,08

Piézomètres dans l'argile

# Forage	Élev. Haut protecteur (m)	Haut Protecteur (m)	Élev. T.N. (m)	Élévation		Lanterne Haut (m)	Longueur (m)	Diam. Lanterne (cm)	Diam. Tubage (cm)
				Bas (m)					
A-1	17,54	1,10	16,44	1,44	3,59	2,15	2,15	10,16	2,54
A-2	19,54	1,10	18,44	3,44	5,59	2,15	2,15	10,16	2,54
A-3	20,35	1,00	19,35	4,35	6,50	2,15	2,15	10,16	1,91
A-4	21,37	1,10	20,27	5,27	7,42	2,15	2,15	10,16	1,91
A-5	17,99	0,90	17,09	2,09	4,24	2,15	2,15	10,16	2,54
A-6	20,33	1,00	19,33	4,33	6,48	2,15	2,15	10,16	1,91
A-7	19,22	0,91	18,31	3,31	5,46	2,15	2,15	10,16	1,91
A-8	19,97	0,96	19,01	4,01	6,16	2,15	2,15	10,16	1,91
A-9	22,22	1,05	21,17	6,17	8,32	2,15	2,15	10,16	1,91
A-10	21,96	1,12	20,84	5,84	7,99	2,15	2,15	10,16	1,91
A-11	19,95	1,09	18,86	3,86	6,01	2,15	2,15	10,16	1,91
A-12	20,28	1,03	19,25	4,25	6,40	2,15	2,15	10,16	1,91
A-13	21,05	1,02	20,03	5,03	7,18	2,15	2,15	10,16	1,91
A-14	23,22	1,14	22,08	7,08	9,23	2,15	2,15	10,16	2,54
A-15	21,88	0,98	20,90	5,90	8,05	2,15	2,15	10,16	1,91

* Niveau d'eau par rapport au sommet du protecteur mesuré le 09/02/01

7.2 ARGILE

La conductivité hydraulique in-situ de la couche d'argile a été déterminée à partir de 15 piézomètres. Le tableau 7.2 résume les valeurs obtenues.

Tableau 7.2 Conductivités hydrauliques in-situ mesurées dans la couche d'argile

Forage	Conductivité in-situ (cm/s)
A-1	6,3E-07
A-2	8,8E-07
A-3	2,5E-07
A-4	2,1E-07
A-5	1,0E-07
A-6	7,1E-08
A-7	6,7E-08
A-8	1,2E-07
A-9	8,4E-08
A-10	1,4E-07
A-11	1,6E-07
A-12	7,0E-08
A-13	1,5E-07
A-14	3,7E-07
A-15	1,5E-07
Maximum	8,8E-07
Minimum	6,7E-08
Moyenne géométrique	1,6E-07

On peut constater que l'ensemble des conductivités hydrauliques mesurées sont toutes inférieures à 1×10^{-6} cm/s avec une valeur maximale de $8,8 \times 10^{-7}$ cm/s et une moyenne géométrique de $1,6 \times 10^{-7}$ cm/s.

Afin de valider les mesures obtenues in-situ, un certain nombre d'essais triaxiaux et oedométriques ont été réalisés sur échantillons intacts. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 7.3 ci-après.

Tableau 7.3 Conductivité hydraulique de l'argile mesurée en laboratoire (cm/s)

Désignation		Type d'essais						
		Triaxial cm/s	Oedométrique					
Forage	N° éch.		e*	K (cm/s)	e	K (cm/s)	e	K (cm/s)
F00-2	TM-5	1,2E-07	--	--	--	--	--	--
F00-3	TM-7	--	1,446	1,3E-07	1,395	1,0E-07	1,224	5,7E-08
F00-4	TM-5	--	1,868	6,8E-08	1,686	3,8E-08	1,241	1,2E-08
F00-5	TM-5	1,9E-07	--	--	--	--	--	--
F00-6	TM-3	--	1,956	6,4E-08	1,629	2,3E-08	1,215	8,3E-09
F00-6	TM-5	9,3E-08	--	--	--	--	--	--
F00-6	TM-7	--	1,54	1,3E-07	1,446	8,9E-08	1,167	3,8E-08
F00-7	TM-3	--	1,743	7,1E-08	1,517	3,6E-08	1,142	1,3E-08
F00-8	TM-5	7,7E-08	1,909	7,0E-08	1,769	4,4E-08	1,322	1,4E-08
F00-9	TM-3	--	1,886	8,6E-08	1,6	3,0E-08	1,195	1,6E-08
F00-9	TM-5	9,8E-08	1,877	8,8E-08	1,785	5,3E-08	1,307	1,4E-08
F00-10	TM-5	1,1E-07	--	--	--	--	--	--
F00-12	TM-5	--	1,96	6,3E-07	1,65	3,2E-08	1,236	1,3E-08

e* = indice des vides.

On constate à la lecture de ces résultats que :

- les valeurs obtenues en laboratoire sont similaires aux valeurs obtenues in-situ.
- la conductivité hydraulique décroît en même temps que l'indice des vides. Cette diminution de l'indice des vides sera produite par l'application de charges supérieures à la pression de préconsolidation (voir « Étude géotechnique, agrandissement du secteur Nord, lots parties 77 à 87, 90, 93, 94, 99 et 100 » juin 2001).

7.3 TILL

Tel que déjà mentionné, le till représente l'aquifère régional principal. Douze puits d'observations ont été installés dans cet horizon dans le cadre de la présente étude. Les résultats d'essais de conductivité hydraulique in-situ complétés dans dix de ces puits sont résumés dans le tableau 7.4. On constate que la conductivité hydraulique dans cette zone se situe entre $3,3 \times 10^{-5}$ cm/s et $1,3 \times 10^{-6}$ cm/s, ce qui représente une perméabilité trop faible pour que la nappe du till puisse être considérée comme un aquifère à fort potentiel. De plus, ses caractéristiques physico-chimiques, en particulier sa très forte salinité, la rendent impropre à la consommation. Ces caractéristiques très particulières sont dues au fait que l'eau de la nappe du till est influencée par la désalinisation des argiles de la mer de Champlain. À titre indicatif, la

teneur en chlorures de l'eau de la nappe du till est environ la moitié de la concentration moyenne rencontrée dans une eau de mer.

Les niveaux piézométriques observés dans les 12 nouveaux piézomètres ainsi que dans quatre piézomètres existants situés sur le site ou à proximité du site à l'étude montrent que les niveaux d'eau observés stabilisés varient entre une profondeur de 1,4 m et 3,92 m sous le niveau du terrain naturel, alors que la couche de till se trouve à des profondeurs variant de 18,0 m à 21,6 m sous la surface dans ces deux puits respectifs (F00-1 et F00-10).

Tableau 7.4 Conductivités hydrauliques in-situ mesurées dans le till

Forage	K (cm/s)
F00-1	--
F00-2	1,3E-06
F00-3	--
F00-4	3,3E-05
F00-5	2,7E-05
F00-6	1,2E-05
F00-7	2,8E-05
F00-8	2,2E-05
F00-9	2,4E-05
F00-10	3,1E-05
F00-11	2,7E-05
F00-13	2,2E-05

Une carte piézométrique, figure 7.1, illustre le sens de l'écoulement souterrain dans la couche de till. Cette carte a été construite à partir du relevé piézométrique complété le 27 mars 2001 et ceux de mai et juin 2001 pour les piézomètres, F00-11, F00-13 et F92-3.

L'écoulement sous la zone étudiée se caractérise par une zone d'élévation piézométrique élevée (~ 19 m) localisée parallèlement à la partie Nord du secteur Est au droit des forages F00-5, F00-10 et F00-11. À partir de cette zone, l'écoulement s'effectue de façon radiale. Sous la zone Nord, cet écoulement est orienté en direction Ouest et Nord-Ouest, avec un gradient hydraulique moyen de 0,003. Ceci correspond à une vitesse maximale d'écoulement horizontal dans le till de l'ordre de 0,10 m/an.

Sous le secteur Est, en cours d'exploitation, l'écoulement est vers le Sud, Sud-Est avec un gradient hydraulique moyen de 0,008. Ceci correspond à une vitesse maximale d'écoulement horizontal dans le till de l'ordre de 0,28 m/an.

Si l'on compare la piézométrie obtenue en 1993 à celle décrite précédemment, on constate que les sens d'écoulement sous la partie Nord étaient orientés Sud-Ouest en 1992 vs Nord-Ouest en 2001. Ceci est dû au plus grand nombre de piézomètres implantés dans la zone Nord qui ont permis d'obtenir une meilleure définition des élévations piézométriques.

Les zones d'écoulement sous l'ancienne zone d'exploitation et le secteur Est actuellement en exploitation reste orientée principalement vers le Sud, Sud-Est pour les différentes périodes concernées.

Tableau 7.5 Suivi des niveaux d'eau de la nappe du till (2001)

# Forage	Élev. Haut Protecteur (m)	09-02-01		27-03-01		MAI 2001**		JUIN 2001**	
		Niv. D'eau (m)*	Élev.Nappe (m)	Niv. D'eau (m)*	Élev.Nappe (m)	Niv. D'eau (m)*	Élev.Nappe (m)	Niv. D'eau (m)*	Élev.Nappe (m)
F00-1	17,99	1,40	16,59	1,45	16,54	--	--	--	--
F00-2	19,86	10,08	9,78	3,47	16,39	2,97	16,57	3,40	16,14
F00-3	20,04	2,65	17,39	2,68	17,36	--	--	--	--
F00-4	21,36	9,36	12,00	4,64	16,72	4,79	16,57	4,75	16,61
F00-5	20,89	2,59	18,30	1,91	18,98	2,89	18,00	2,28	18,61
F00-6	19,40	1,61	17,79	1,37	18,03	1,37	18,03	1,62	17,78
F00-7	18,78	1,52	17,26	1,53	17,25	1,43	17,35	1,56	17,22
F00-8	20,21	3,61	16,60	gelé		--	--	--	--
F00-9	19,99	1,70	18,29	2,04	17,95	2,82	17,17	1,92	18,07
F00-10	22,88	3,92	18,96	3,95	18,93	3,86	19,02	3,90	18,98
F00-11	23,23	6,04	17,19	5,13	18,10	4,34	18,89	4,82	18,41
F00-13	21,80	1,93	19,87	5,70	16,10	4,58	17,22	4,23	17,57
F92-3	20,13	1,65	18,48	Aucune mesure		1,92	18,21	2,13	18,00
F92-6	16,09	1,84	14,25	Aucune mesure		1,80	14,29	1,75	14,34
F93-1	17,09	1,82	15,27	Aucune mesure		2,35	14,74	1,67	15,42
F96-1	19,61	3,30	16,31	Aucune mesure		3,23	16,38	3,32	16,29
F96-5	17,51	2,92	14,59	Aucune mesure		2,87	14,64	2,96	14,55

* Niveau d'eau p/r au sommet du protecteur

** Relevé effectué par NOVE Environnement

-- Non mesuré car présence de gaz naturel

Une revue des fluctuations des niveaux d'eau dans une série de puits utilisés dans le cadre du programme de suivi environnemental depuis juillet 1996, indique que les fluctuations des niveaux piézométriques dans la nappe du till sont peu importantes, telles qu'illustrées à la figure 7.2 et résumées au tableau 7.6. L'amplitude des fluctuations varie entre 0,29 m dans le forage F96-1 et 1,36 m dans le forage F96-2 avec une valeur moyenne de 0,80 m tous deux formant partie du réseau de puits d'observations pour la zone active du LES, au Sud du secteur à l'étude.



Client: **BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE**

Titre: **CARTE PIÉZOMÉTRIQUE DE LA NAPPE DU TILL**

Approuvé: **Robert Maher**

Dessiné: **E. Demontigny**

Date: **Jun 2001**

Projet: **ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE DU SECTEUR NORD**

Dossier: **293 2549 150**

Échelle: **1 : 10 000**

Legende:

- F00-10 No de forage avec niveau d'eau actualisé (27/03/01) el. 18,95
- F00-11 No de forage avec niveau d'eau 2001 (NOVE) el. 17,73
- F00-13 No de forage avec niveau d'eau Juin 2001 (NOVE) el. 17,27
- F00-10-9 Forages réalisés en 1992
- A1-9 Forages profonds (FP) réalisés en 2001 Forages dans tillite réalisés en 2001

Figure: **7.1**

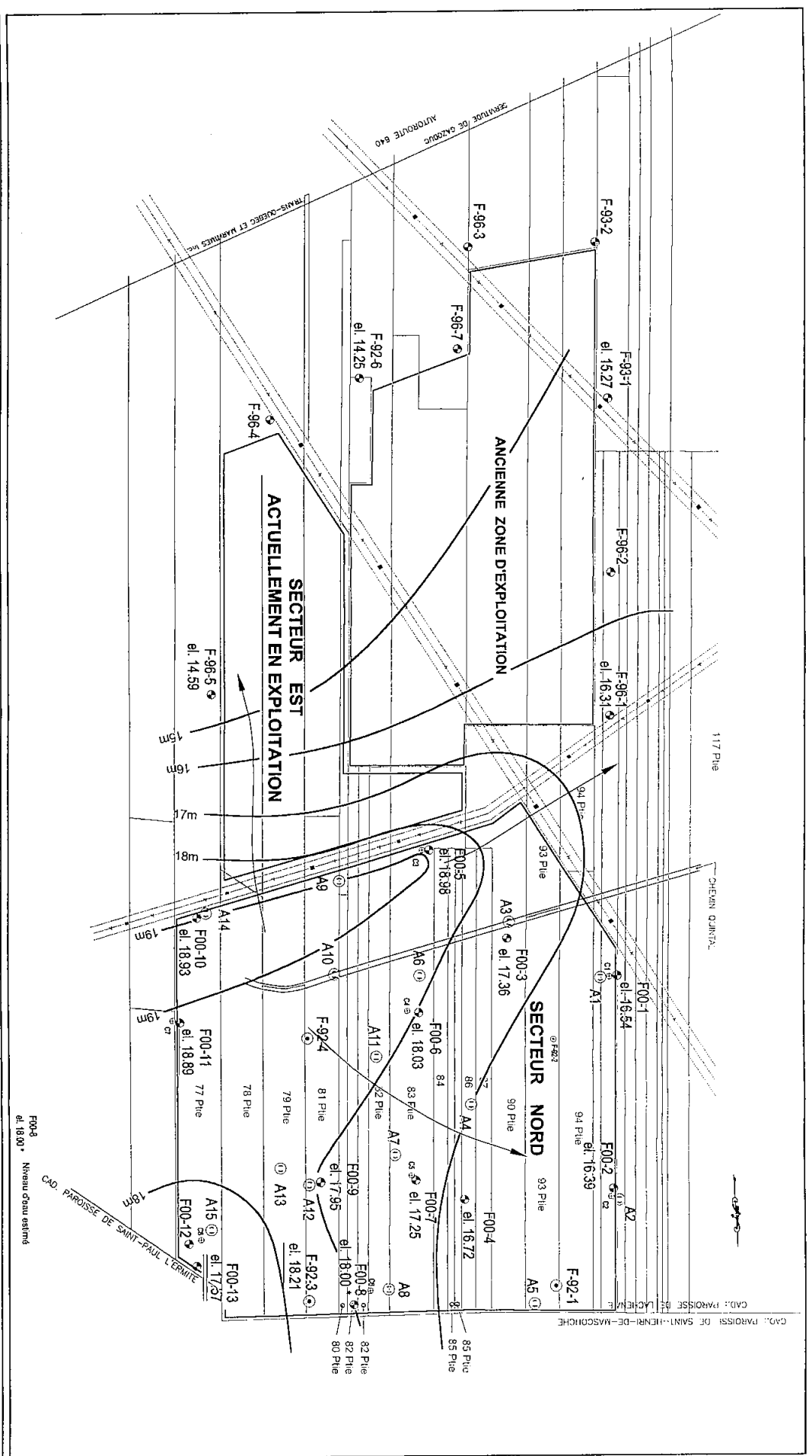


Figure 7.2 Fluctuation des niveaux d'eau de la nappe du till

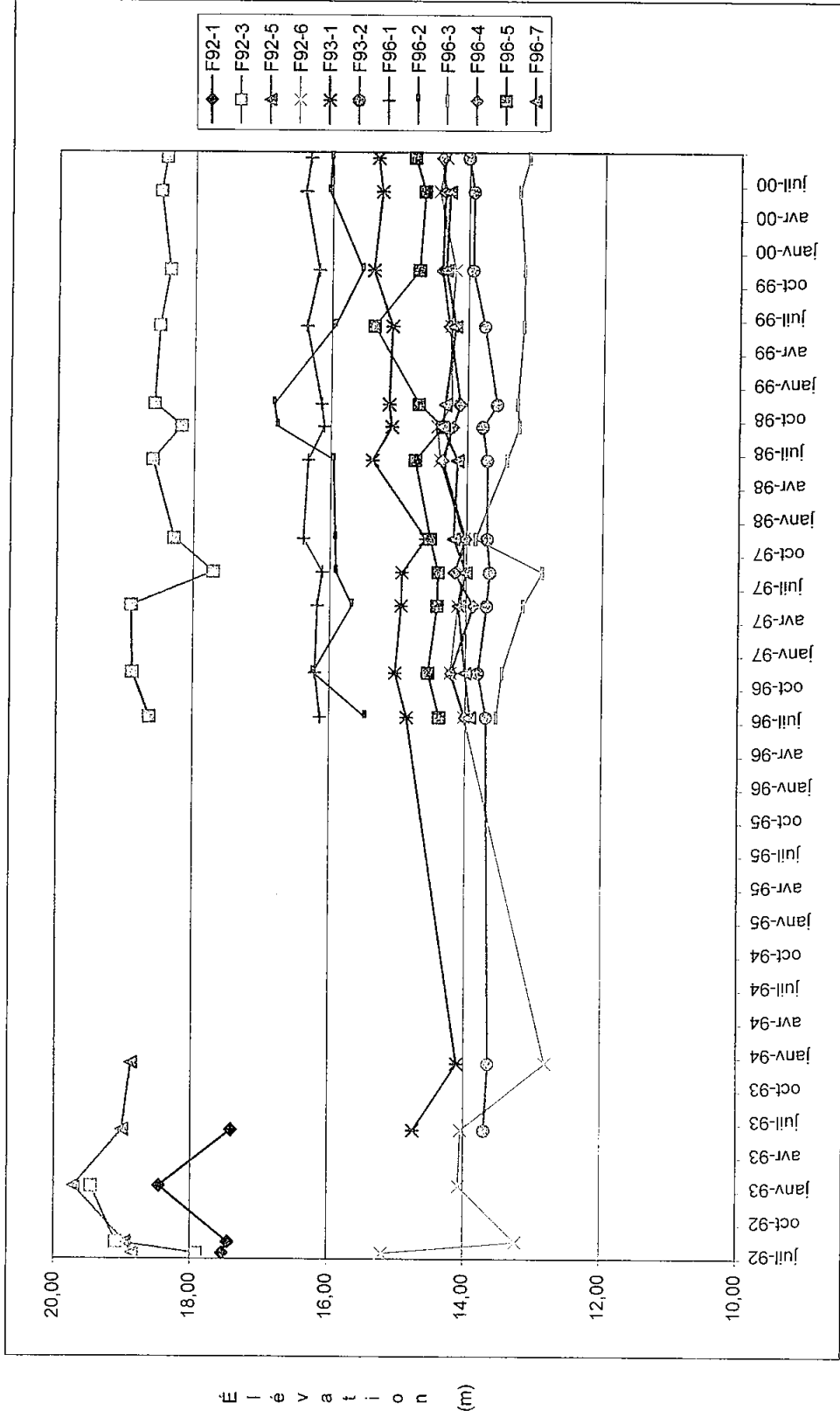


Tableau 7.6 Fluctuation des niveaux d'eau dans le till

# Puits	F92-1	F92-3	F92-5	F92-6	F93-1	F93-2	F96-1	F96-2	F96-3	F96-4	F96-5	F96-7
juil-92	17,53	17,90	18,84	15,20								
août-92	17,45	19,08	18,95	13,23								
janv-93	18,46	19,45	19,71	14,07								
juin-93	17,41		19,00	14,04	14,74	13,69						
déc-93			18,87	12,81	14,10	13,64						
juil-96		18,63		14,02	14,86	13,69	16,13	15,47	13,54	14,00	14,38	13,93
nov-96		18,88		14,22	15,03	13,81	16,21	16,24	13,46	14,21	14,55	10,29
mai-97		18,90		14,12	14,95	13,69	16,18	15,67	13,16	13,89	14,42	14,01
août-97		17,70		14,04	14,94	13,65	16,11	15,91	12,88	14,17	14,41	14,11
nov-97		18,28		14,04	14,59	13,69	16,39	15,92	13,86	14,01	14,53	14,00
juin-98		18,60		14,40	15,39	13,70	16,33	15,96	13,41	14,36	14,76	14,19
sept-98		18,18		14,44	15,11	13,77	16,10	16,78	13,23	14,21	14,36	14,14
nov-98		18,58		14,23	15,15	13,56	16,14	16,83	13,26	14,10	14,71	14,36
juin-99		18,51		14,25	15,11	13,75	16,36	15,95	13,18	14,27	15,37	14,33
nov-99		18,36		14,19	15,39	13,93	16,19	15,55	13,17	14,38	14,72	14,18
juin-00		18,50		14,43	15,27	13,92	16,39	16,04	13,25	14,35	14,64	14,33
sept-00		18,42		14,33	15,33	14,00	16,32	16,01	13,11	14,39	14,79	14,28
mai-01		18,21		14,29	14,74	13,97	16,38	16,06	13,27	14,27	14,64	14,42
juin-01		18,00		14,34	15,42	14,00	16,29	15,97	13,22	13,69	14,55	14,14

10,29 : Valeur aberrante non considérée

8. CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES

Deux types d'eaux souterraines sont décrites dans cette section, soit l'eau de la nappe du till, qui se trouve sous une couche d'environ 20 mètres d'argile, et l'eau interstitielle de l'argile.

8.1 EAU DE LA NAPPE DU TILL

La réalisation de cette étude hydrogéologique pour l'agrandissement du secteur Nord n'a pas impliqué l'analyse physico-chimique d'échantillons d'eau de la nappe du till. Cependant un programme de suivi de la qualité des eaux du till prélevées en périphérie des zones d'enfouissement autorisées est appliqué depuis près de dix ans par UTL.

Les résultats antérieurs de qualité des eaux de la nappe du till permettent d'en dresser les caractéristiques générales suivantes :

- eaux dures et impropres à la consommation humaine vu la présence de chlorures issus de la désalinisation des dépôts d'argile marine ;
- eaux de conductivité élevée vu la présence de sels minéraux dissous ;
- présence significative de certains autres éléments tels : azote ammoniacal, DBO₅, DCO, baryum et fer.

Ces caractéristiques des eaux de la nappe du till représentent les conditions naturelles des eaux souterraines. Le décret 1549-95 autorisant l'exploitation du secteur Est précisait à la condition 11 les paramètres de suivi ainsi que les concentrations maximales à ne pas excéder en limite de la propriété. Dans cette même condition, il est précisé que : « Dans le cas où la concentration des paramètres dépasse les valeurs limites inscrites ci-dessous, cette concentration deviendra la nouvelle norme ». Sur la base d'une analyse statistique, des résultats obtenus entre juin 1996 et juin 1998 de nouvelles valeurs seuils ont été déterminées pour la majorité des paramètres de suivi. Ces nouvelles valeurs ont été acceptées par le MENV en juin 1999. Le courrier d'acceptation du MENV indiquait alors que les concentrations présentées étaient considérées comme étant le bruit de fond des eaux souterraines et qu'elles devenaient les nouvelles normes. À titre indicatif, nous insérons à l'annexe 9, un tableau regroupant les concentrations auxquelles le MENV faisait alors référence.

Soulignons également que depuis juin 1996, les résultats des campagnes de caractérisation effectuées au printemps, à l'été et à l'automne chez UTL ne dénotent aucun dépassement des

normes applicables. Ceci indique bien qu'il y a absence d'impact des activités de UTL sur la qualité des eaux de la nappe du till.

Enfin, nous estimons que la qualité des eaux du secteur Nord sera similaire à celle du secteur exploité par UTL et ce, considérant les éléments suivants :

- le puits F-92-3 est la référence amont du LES actuel et ce puits sera pour un certain temps également la référence amont de l'agrandissement du secteur Nord. Depuis 1992, la qualité de l'eau de ce puits est comparable à celle des autres puits localisés en périphérie du LES existant ;
- la qualité des eaux souterraines n'est pas influencée par les activités de UTL ;
- l'agrandissement du secteur Nord se situe à l'amont hydrogéologique du LES actuel.

8.2 EAU INTERSTITIELLE DE L'ARGILE

En vue de comparer la qualité de l'eau de l'aquifère du till avec celle qui se trouve dans l'argile, nous présentons et discutons ci-après les résultats d'analyses de l'eau interstitielle d'échantillons d'argile prélevés chez UTL.

Caractérisation de l'eau interstitielle

En janvier 2001, la réalisation des forages F00-1, F00-4, F00-6, F00-9 et F00-11 dans l'agrandissement du secteur Nord a permis de prélever des échantillons d'argile à des profondeurs moyennes de 6,3 m (TM3), 12,5 m (TM5) et 18,3 m (TM7). Ces échantillons ont ensuite été compressés en laboratoire pour en extraire un volume de 15 à 50 mL d'eau interstitielle.

Les échantillons d'eau interstitielle ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques dont les résultats sont présentés au tableau 8.1 suivant. Les certificats d'analyses sont joints en annexe 9. L'ensemble des analyses n'a pas été réalisé sur les échantillons des forages F00-1 et F00-6 à cause de la quantité trop faible de liquide interstitiel.

La justesse des résultats d'analyses a été vérifiée en effectuant un bilan ionique pour les quatre échantillons d'eau dont la caractérisation des carbonates a été possible. Tel que rapporté dans l'encadré ci-après, la justesse des résultats est bonne considérant un écart maximum de seulement 4,4 % entre la somme des cations comparée à celle des anions.

Élément	F00-4 TM3			F00-4 TM5			F00-11 TM3			F00-11 TM5		
	mg/L	mg/méq	méq/L	mg/L	mg/méq	méq/L	mg/L	mg/méq	méq/L	mg/L	mg/méq	méq/L
Calcium	35	20	1,75	49	20	2,45	36	20	1,80	33	20	1,65
Magnésium	40	12,2	3,28	130	12,2	10,66	64	12,2	5,25	87	12,2	7,13
Sodium	620	23	26,96	2300	23	100,00	910	23	39,57	1900	23	82,61
Potassium	24	39,1	0,61	81	39,1	2,07	36	39,1	0,92	65	39,1	1,66
Somme			32,60			115,18			47,53			93,05
Carbonates	620	61	10,16	1100	61	18,03	700	61	11,48	980	61	16,07
Sulfates	10	48	0,21	28	48	0,58	170	48	3,54	120	48	2,50
Chlorures	740	35,5	20,8	3400	35,5	95,77	1200	35,5	33,80	2700	35,5	76,06
Somme			31,22			114,39			48,82			94,62
ÉCART (%)			4,4			0,7			2,7			1,7

Tableau 8.1 Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau interstitielle de l'argile (mg/L sauf si indication contraire)

PARAMÈTRE	NOM DU FORAGE													
	F00-1		F00-4			F00-6			F00-9			F00-11		
	TM3	TM5	TM3	TM5	TM7	TM3	TM5	TM7	TM3	TM5	TM7	TM3	TM5	TM7
pH	8,31	8,35	8,27	8,24	8,27	8,05	7,95	7,90	7,91	7,79	7,87	8,19	8,24	8,24
Conductivité (µMHOS)	6800	9300	2300	7600	12200	3400	8500	10600	7400	13000	17000	3500	6500	9200
Salinité (g/L) ¹	5,80	8,00	1,80	6,50	10,75	2,75	7,30	9,60	6,30	11,50	15,50	2,85	5,50	7,95
Chlorures	2900	4200	740	3400	6100	1100	3700	5000	2900	6300	8300	1200	2700	4000
DCO	-	-	130	300	380	-	-	-	-	-	-	380	260	300
Carbonates	-	-	620	1100	-	-	-	-	-	-	-	700	980	-
Sulfates	40	33	10	28	57	64	31	26	40	80	190	170	120	100
Argent	-	-	0,11	0,08	0,06	-	-	-	0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02
Aluminium	-	-	0,17	0,49	0,75	-	-	-	0,38	0,75	1,1	0,54	0,28	0,45
Arsenic	-	-	0,01	0,02	0,04	-	-	-	0,02	0,02	0,06	<0,01	<0,01	0,03
Bore	-	-	0,65	2,4	3,1	-	-	-	2,3	3,3	3,5	0,82	1,6	2,6
Baryum	-	-	0,04	0,12	0,26	-	-	-	0,15	0,20	0,82	0,08	0,09	0,13
Béryllium	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Bismuth	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	-	<0,2	<0,2	0,2	<0,1	<0,1	<0,1
Calcium	-	-	35	49	76	-	-	-	48	86	110	36	33	39
Cadmium	-	-	<0,01	0,04	0,04	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	0,02
Cobalt	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Chrome	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Cuivre	-	-	0,10	0,15	0,20	-	-	-	0,05	0,08	0,15	0,14	0,14	0,22
Fer	-	-	0,05	0,09	0,16	-	-	-	0,39	0,12	0,14	0,40	0,06	0,13
Potassium	-	-	24	81	120	-	-	-	58	110	130	36	65	90
Lithium	-	-	0,01	0,03	0,07	-	-	-	0,02	0,04	0,07	0,02	0,02	0,04
Magnésium	-	-	40	130	250	-	-	-	110	240	350	64	87	140
Manganèse	-	-	0,06	0,06	0,50	-	-	-	0,05	0,07	0,82	0,05	0,04	0,18
Molybdène	-	-	<0,02	<0,02	0,05	-	-	-	<0,04	<0,04	0,05	<0,02	<0,02	0,03
Sodium	-	-	620	2300	4000	-	-	-	1800	3400	4200	910	1900	2400

PARAMÈTRE	NOM DU FORAGE													
	F00-1		F00-4			F00-6			F00-9			F00-11		
	TM3	TM5	TM3	TM5	TM7	TM3	TM5	TM7	TM3	TM5	TM7	TM3	TM5	TM7
Nickel	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Plomb	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	0,01	<0,01
Antimoine	-	-	0,01	<0,01	0,02	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01
Sélénium	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Silicium	-	-	9,9	8,3	14	-	-	-	9,2	11	15	10	8,7	14
Étain	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	<0,02	<0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Titane	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,01	<0,01
Vanadium	-	-	<0,03	<0,03	<0,03	-	-	-	<0,06	<0,06	<0,06	<0,03	<0,03	<0,03
Zinc	-	-	0,04	0,02	0,02	-	-	-	0,35	0,22	0,21	0,02	0,03	0,03

¹ : Concentration équivalente de NaCl selon la conductivité

Notons de plus que les analyses ont été effectuées par le laboratoire Bodycote Technitrol Inc., un laboratoire accrédité par le MENV. Les procédures et le contrôle de la qualité des analyses sont donc reconnus et approuvés par le MENV. Les résultats des contrôles d'assurance qualité et contrôle de la qualité apparaissent sur les feuilles d'analyses jointes en annexe 9. Certains paramètres tels la conductivité, la salinité et le pH ont été déterminés par l'Université de Sherbrooke.

Caractéristiques de l'eau interstitielle

La formation du dépôt d'argile dans lequel les échantillons ont été prélevés correspond à l'épisode de la mer de Champlain il y a plusieurs milliers d'années. Les eaux de déposition étaient donc des eaux marines.

Vu son origine, il n'est pas surprenant de retrouver une salinité et une conductivité élevées causées principalement par la présence des ions chlorure et sodium.

Toutefois, la salinité de l'eau de mer est en moyenne de 35 g/L et comprend un contenu en chlorures d'environ 19 000 mg/L¹ alors que la salinité et le contenu en chlorures maximums obtenus pour l'eau interstitielle sont d'environ la moitié moins élevés. Il y aurait donc eu une désalinisation du dépôt d'argile depuis sa formation.

Les ions majeurs qu'on retrouve aujourd'hui dans l'eau interstitielle comprennent, selon un ordre décroissant d'importance, les chlorures (Cl), le sodium (Na), le magnésium (Mg), le potassium (K), le calcium (Ca) et les sulfates (SO₄).

Le profil de concentration des ions majeurs en fonction de la profondeur dans l'argile est présenté sur la figure 8.1. À noter que la concentration moyenne (en mol/L) des ions majeurs a été calculée à partir de l'ensemble des résultats obtenus.

À partir de la représentation de la figure 8.1, on note une caractéristique importante de l'eau interstitielle, soit un accroissement régulier de son contenu en chlorures avec la profondeur de l'argile. Un accroissement du même type est noté pour le sodium, principal contre-ion des chlorures. Cette caractéristique de l'eau interstitielle de l'argile est aussi rapportée dans un article de Desaulniers et al.². De plus, l'auteur note que la tendance à l'accroissement des

¹ Principal Constituents of Seawater, Encyclopedia Britannica, 2001.

² Donald E. Desaulniers, John A. Cherry and Peter Fritz, Origin, age and movement of pore water in argillaceous quaternary deposits at four sites in Southwestern Ontario, Journal of hydrogeology, 50 (1981), pp. 231-257.

chlorures peut être extrapolée aux valeurs de chlorures des eaux souterraines se trouvant dans la partie superficielle de la roche de fond, ou près de l'interface du till et de la roche de fond.

Enfin, on note que pour les autres ions métalliques de la figure 8.1 ou du tableau 8.1, les concentrations sont généralement faibles. En ce qui concerne la DCO, les valeurs maximales obtenues se rapprochent de la valeur du bruit de fond de l'eau du till qui est de 415 mg/L.

8.3 COMPRÉHENSION DE LA SITUATION

Les dépôts d'argile rencontrés à Lachenaie, comme d'ailleurs dans la vallée du St-Laurent proviennent d'une accumulation de sédiments fins dans la Mer de Champlain, une des principales mers post-glaciaires du Québec. Ces dépôts d'argile se sont donc produits dans une eau de mer évidemment saline. Ceci explique la forte salinité des eaux interstitielles des argiles de Lachenaie. La remontée des fonds marins, provoquée par la fonte des glaciers a conduit au retrait de la mer de Champlain. La couche d'argile marine s'est donc retrouvée sur sa partie supérieure au contact des eaux de ruissellement de surface non saline. La nature tend toujours vers un équilibre des concentrations des constituants liquides ou gazeux dans un même milieu. Lorsque l'on a affaire à un milieu peu perméable ($10^{-7} - 10^{-8}$ cm/s), ce qui est notre cas, cet équilibre est atteint principalement par diffusion. Cette diffusion se produit tant qu'il existe une différence de concentration entre deux points. Dans notre cas, si l'un considère les chlorures comme traceurs, leur concentration est très faible dans les eaux de surface ruisselant sur le sommet de la couche d'argile. Par diffusion, le chlorure en forte concentration dans l'eau interstitielle de l'argile tend donc à migrer vers la surface. Ce phénomène a bien été mis en évidence par Desaulniers pour quatre sites en Ontario. Ces phénomènes peuvent prendre des milliers d'années, voire des dizaines de milliers d'années pour atteindre l'équilibre.

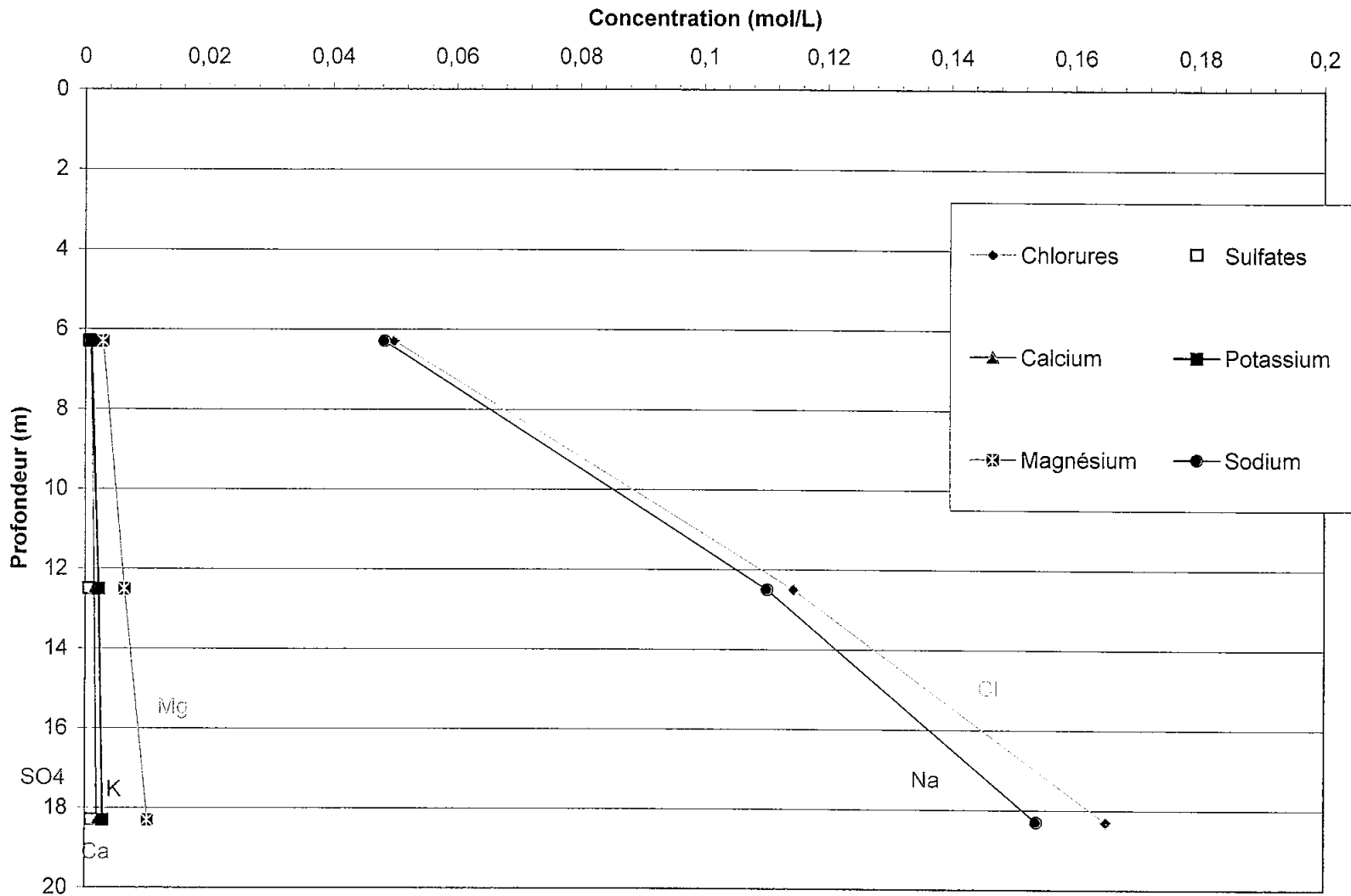
Dans notre cas, on constate pour les chlorures une concentration croissante du sommet de la couche d'argile vers le bas de cette même couche où l'on retrouve des concentrations comparables dans l'eau de la nappe du till. Ce constat permet de conclure que la nappe du till en circulant lentement, permet aux concentrations en chlorures de diminuer plus lentement à la base de la couche d'argile qu'en son sommet.

Le transfert des eaux interstitielles par consolidation du dépôt d'argile n'aura pas d'impact négatif sur la qualité de l'eau de l'aquifère du till puisque les concentrations en ions des eaux transférées se situeront entre celles des eaux à la base de l'argile et celles à la profondeur médiane du dépôt. À titre indicatif, les valeurs pour l'eau interstitielle à 12,5 m et 18,3 m dans l'argile sont comparées aux valeurs de bruit de fond de l'aquifère du till pour quelques paramètres d'analyses au tableau 8.2.

Tableau 8.2 Concentrations dans l'eau interstitielle de l'argile et dans l'eau de l'aquifère du till (mg/L)

	Eau interstitielle de l'argile		Eau de l'aquifère du till
	Moyenne à 12,5 m	Moyenne à 18,3 m	Bruit de fond
DCO	280	340	415
Chlorures	4 060	5 850	10 300
Baryum	0,14	0,40	17
Cadmium	< 0,023	< 0,027	0,02
Chrome	< 0,02	< 0,02	0,18
Fer	0,09	0,14	180

Figure 8.1 IONS MAJEURS-CONCENTRATIONS EN FONCTION DE LA PROFONDEUR



9. RISQUES DE CONTAMINATION DES EAUX SOUTERRAINES

Deux aquifères ont été rencontrés lors de l'étude hydrogéologique du secteur Nord de UTL à Lachenaie. Il s'agit de la nappe discontinue, non exploitable et très réduite du sable de surface et la nappe du till.

La nappe du sable de surface ne constitue pas un aquifère ayant un fort potentiel puisque :

- l'exploitation de la majeure partie du sable de la zone à l'étude fait que cet aquifère est devenu pratiquement inexistant et a été remplacé par un écoulement d'eau de surface sur le sommet de la couche d'argile ;
- la présence d'eau dans cette couche de sable est directement fonction des précipitations. Ce type d'aquifère est particulièrement vulnérable à divers types de contamination de surface (déversements accidentels, animaux morts, décomposition de matières organiques, etc.).

La nappe du till par contre est particulièrement bien protégée des risques éventuels de contamination pouvant provenir de la surface ou du fond des futures cellules. En effet, cet aquifère est protégé par une couche d'argile homogène dont la conductivité hydraulique moyenne est de l'ordre de $1,6 \times 10^{-7}$ cm/s sur une épaisseur moyenne de 20 m.

Après excavation des cellules, l'épaisseur minimale qui restera en place sera supérieure à 10 m d'épaisseur. Dans ce cas particulier on aura des gradients hydrauliques verticaux, entre le till et la base des cellules dans la couche d'argile, créés par la condition artésienne de la nappe du till. Les cellules agiront alors comme une trappe hydraulique forçant le mouvement de l'eau par advection du till vers la base des cellules. Ce phénomène de trappe hydraulique est recherché lors de l'aménagement de cellules de confinement de matières dangereuses ou résiduelles solides.

La qualité de l'eau du till la rend impropre à la consommation humaine à cause de la présence de chlorures, azote ammoniacal, DBO_5 , DCO, baryum. En effet, cette eau est influencée par la désalinisation des argiles de Champlain, qui sont des argiles marines. On constate d'ailleurs sur la carte de l' "Annuaire des puisatiers du Québec ", l'absence de puits dans un rayon d'environ 2 km.

On peut donc conclure que les risques de contamination des eaux souterraines de la nappe du till sont nulles pour la zone Nord à l'étude. D'un point de vue hydrogéologique, les

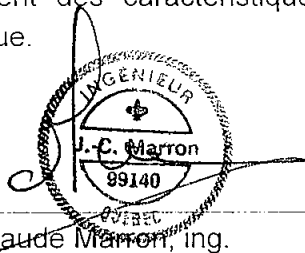
caractéristiques du site de UTL à Lachenaie sont très favorables à l'implantation d'un lieu d'enfouissement technique.

10. CONCLUSIONS

La campagne d'investigation complémentaire réalisée sur le secteur Nord de BFI Usine de Triage Lachenaie Itée a permis d'établir que :

- les conditions géologiques et hydrogéologiques dans le secteur Nord sont identiques à celles rencontrées au droit des cellules anciennement ou actuellement exploitées ;
- la stratigraphie est composée des unités suivantes :
 - une couche de terre végétale discontinue de moins de 0,3 m d'épaisseur,
 - une couche de sable de surface presque entièrement exploité en partie Nord d'épaisseur variable et discontinue suite à l'exploitation de ce sable comme matériau d'emprunt,
 - un dépôt d'argile silteuse d'une épaisseur comprise entre 17,1 et 23,6 m,
 - une couche de till de fond,
 - le socle rocheux constitué de schiste argileux ;
- le principal aquifère correspond à la nappe du till qui est localisée entre 10 et 12 m de profondeur sous la base des cellules qui seront excavées dans la couche d'argile. Cette nappe sera en condition artésienne avec un niveau statique proche du niveau du terrain naturel. Ses caractéristiques la rendent impropre à la consommation humaine ;
- la couche d'argile en place est peu perméable et a une perméabilité moyenne de $1,6 \times 10^{-7}$ cm/s ;
- l'existence de gradients hydrauliques ascendants (trappe hydraulique), la faible perméabilité et l'épaisseur d'argile laissée en place sous les cellules prévues rendent pratiquement nuls les risques de contamination des eaux de la nappe du till. Ce phénomène de trappe hydraulique est d'ailleurs recherché lors de l'aménagement de cellules de confinement de matières dangereuses ou résiduelles solides. Ceci est confirmé par l'absence d'impact sur les eaux souterraines en aval des zones anciennement exploitées, tel que démontré lors du suivi de la qualité des eaux souterraines au cours des dernières années.

Ceci permet de conclure que les conditions géologiques et hydrogéologiques du secteur Nord présentent des caractéristiques très favorables à l'implantation d'un lieu d'enfouissement technique.



Jean-Claude Marron, ing.
Vice-président, Expertise et travaux

Robert Marier, géologue
Chargé de projet

