

BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

AGRANDISSEMENT DU SECTEUR NORD

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

(N/D : 293-2549-151)

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

28 novembre 2001



BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

AGRANDISSEMENT DU SECTEUR NORD

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

(N/D : 293-2549-151)

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

28 novembre 2001

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
1.1 MANDAT	1
1.2 CONTENU DU DOCUMENT.....	1
2. DESCRIPTION DU SITE	3
2.1 LOCALISATION.....	3
2.2 TOPOGRAPHIE.....	3
3. PROGRAMME DE RECONNAISSANCE	5
3.1 ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES	5
3.1.1 Études antérieures	5
3.1.2 Étude réalisée en 2001.....	7
3.1.2.1 Travaux terrain	7
3.1.2.2 Essais en laboratoire	8
3.2 ÉTUDE GÉOTECHNIQUE.....	8
3.2.1 Études antérieures	8
3.2.2 Étude réalisée en 2001.....	8
3.2.2.1 Travaux terrain	9
3.2.2.2 Essais en laboratoire	9
4. GÉOLOGIE.....	11
5. STRATIGRAPHIE.....	12
5.1 TERRE VÉGÉTALE.....	12
5.2 SABLE DE SURFACE	12
5.3 ARGILE	17
5.4 TILL	17
5.5 SOCLE ROCHEUX.....	17
6. CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES	18
7. RÉSULTATS	20
7.1 FORAGES SCISSOMÉTRIQUES.....	20
7.2 ESSAIS EN LABORATOIRE.....	27
7.2.1 Couche d'argile supérieure.....	27
7.2.2 Couche d'argile inférieure.....	29
8. ÉTUDE DE STABILITÉ	31
8.1 STABILITÉ VIS-À-VIS DU SOULÈVEMENT	31
8.2 STABILITÉ DES TALUS	34
8.2.1 Géométrie des talus	34
8.2.2 Nature et caractéristiques mécaniques des sols et des matières résiduelles... 34	

8.2.2.1	Nature et caractéristiques des sols	34
8.2.2.2	Caractéristiques mécaniques des matières résiduelles.....	38
8.2.3	Piézométrie	39
8.2.4	Méthodes de calcul	39
9.	TASSEMENTS	41
9.1	INFLUENCE DES TASSEMENTS	41
9.2	ANALYSE DES RÉSULTATS D'ESSAIS	41
9.3	CHOIX DES CARACTÉRISTIQUES DE COMPRESSIBILITÉ	48
9.4	MÉTHODE DE CALCUL DES TASSEMENTS.....	50
9.5	TASSEMENTS ABSOLUS.....	51
9.6	TASSEMENTS DIFFÉRENTIELS	54
9.7	VITESSE DE CONSOLIDATION	54
10.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	60
10.1	CONCLUSIONS.....	60
10.2	RECOMMANDATIONS.....	62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 7.1	Résistances moyennes au cisaillement in-situ	26
Tableau 7.2	Profil des résistances minimales au cisaillement de l'argile	26
Tableau 7.3	Résultats des essais en laboratoire sur argiles	28
Tableau 8.1	Stabilité vis-à-vis du soulèvement.....	33
Tableau 8.2	Stratigraphie	37
Tableau 8.3	Caractéristiques mécaniques.....	37
Tableau 8.4	Poids volumique des matières résiduelles	38
Tableau 8.5	Coefficients de sécurité	40
Tableau 9.1	Distribution des profondeurs par forage des indices des vides	48
Tableau 9.2	Épaisseurs d'argile (m)	57

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Localisation des secteurs actuels et futurs.....	4
Figure 3.1	Plan de localisation des essais	10
Figure 5.1	Coupe stratigraphique A-A'	13
Figure 5.2	Coupe stratigraphique B-B'	14
Figure 5.3	Coupe stratigraphique C-C'	15
Figure 5.4	Épaisseur de la couche d'argile	16
Figure 6.1	Carte piézométrique	19

Figure 7.1	Essais Nilcon - Extérieur Ouest	21
Figure 7.2	Essais Nilcon - Extérieur Est.....	22
Figure 7.3	Essais Nilcon - Bande centrale	23
Figure 7.4	Essais Nilcon - Axes bandes	24
Figure 7.5	Essais Nilcon - Récapitulatif	25
Figure 8.1	Courbes de niveau de l'excavation respectant les contraintes vis-à-vis du soulèvement.....	32
Figure 8.2	Vue en plan et en coupe de la cellule	35
Figure 8.3	Pentes et hauteurs des différents talus.....	36
Figure 9.1	Essais oedométriques (argile supérieure).....	43
Figure 9.2	Essais oedométriques (argile inférieure).....	44
Figure 9.3	Essais oedométriques modifiés (argile supérieure).....	45
Figure 9.4	Essais oedométriques modifiés (argile inférieure).....	46
Figure 9.5	Relation élévation vs indice des vides.....	49
Figure 9.6	Amplitude des tassements absolus.....	52
Figure 9.7	Système de drainage du lixiviat - Schémas de principe de conception et d'évolution	53
Figure 9.8	Diagrammes des pressions interstitielles et drainage	55
Figure 9.9	Temps de consolidation de l'argile.....	59

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Essais au cône de laboratoire
Annexe 2	Densité relative
Annexe 3	Sédimentométries
Annexe 4	Essais oedométriques
Annexe 5	Document synthèse réalisé par monsieur Guy Lefebvre
Annexe 6	Méthode de calcul des tassements

1. INTRODUCTION

La propriété de BFI Usine de Triage Lachenaie ltée (UTL) qui couvre une superficie de l'ordre de 350 hectares, s'étend sur les parties des lots 73, 77 à 87, 90, 93, 94, 99 et 100, du cadastre de la municipalité de Lachenaie. UTL opère à cet endroit un lieu d'enfouissement sanitaire (L.E.S.) qui existe depuis plus de 30 ans. Le site peut être divisé en trois secteurs qui sont :

- l'ancienne zone d'exploitation ;
- le secteur Est actuellement en exploitation
- le secteur Nord faisant l'objet de la présente étude.

En effet, UTL envisage l'utilisation des propriétés sises au Nord de la zone actuelle d'exploitation à des fins d'élimination de matières résiduelles par enfouissement. Afin de réaliser ce projet, il est nécessaire de connaître les conditions géotechniques de la zone qui sera désignée dans la suite de ce rapport par « secteur Nord ».

1.1 MANDAT

BFI Usine de Triage Lachenaie ltée, compagnie sœur de BFI Canada inc., a confié à GSI Environnement inc. la réalisation d'une étude géotechnique qui s'est effectuée en parallèle à une étude hydrogéologique dans la zone Nord. Ce mandat incluait la réalisation de travaux de terrain afin de préciser les éléments suivants :

- caractéristiques physiques et mécaniques de l'argile du secteur Nord ;
- conditions de stabilité des cellules vis-à-vis :
 - du soulèvement du fond des excavations,
 - des talus de bord de cellule,
 - des talus de matières résiduelles ;
- évaluer l'amplitude et la vitesse des tassements de la couche d'argile.

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 et donne les résultats des essais réalisés sur le terrain et en laboratoire. Il présente les conditions d'aménagement requises afin d'assurer la stabilité des ouvrages à court et long terme. Afin de limiter la duplication d'information, nous reprendrons de façon succincte dans ce rapport, les éléments pertinents à la présente étude et contenus dans

le rapport « Étude hydrogéologique – Agrandissement du secteur Nord » qui fait l'objet d'un document distinct.

Afin de valider les méthodes de reconnaissance, les caractéristiques mécaniques des matériaux ainsi que les méthodes de calculs, nous avons fait appel à monsieur Guy Lefebvre, docteur en géotechnique et professeur à l'Université de Sherbrooke. Monsieur Guy Lefebvre est un spécialiste reconnu des argiles de l'Est du Canada. Nous joignons en annexe le rapport émis par monsieur Lefebvre.

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. 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 2.1).

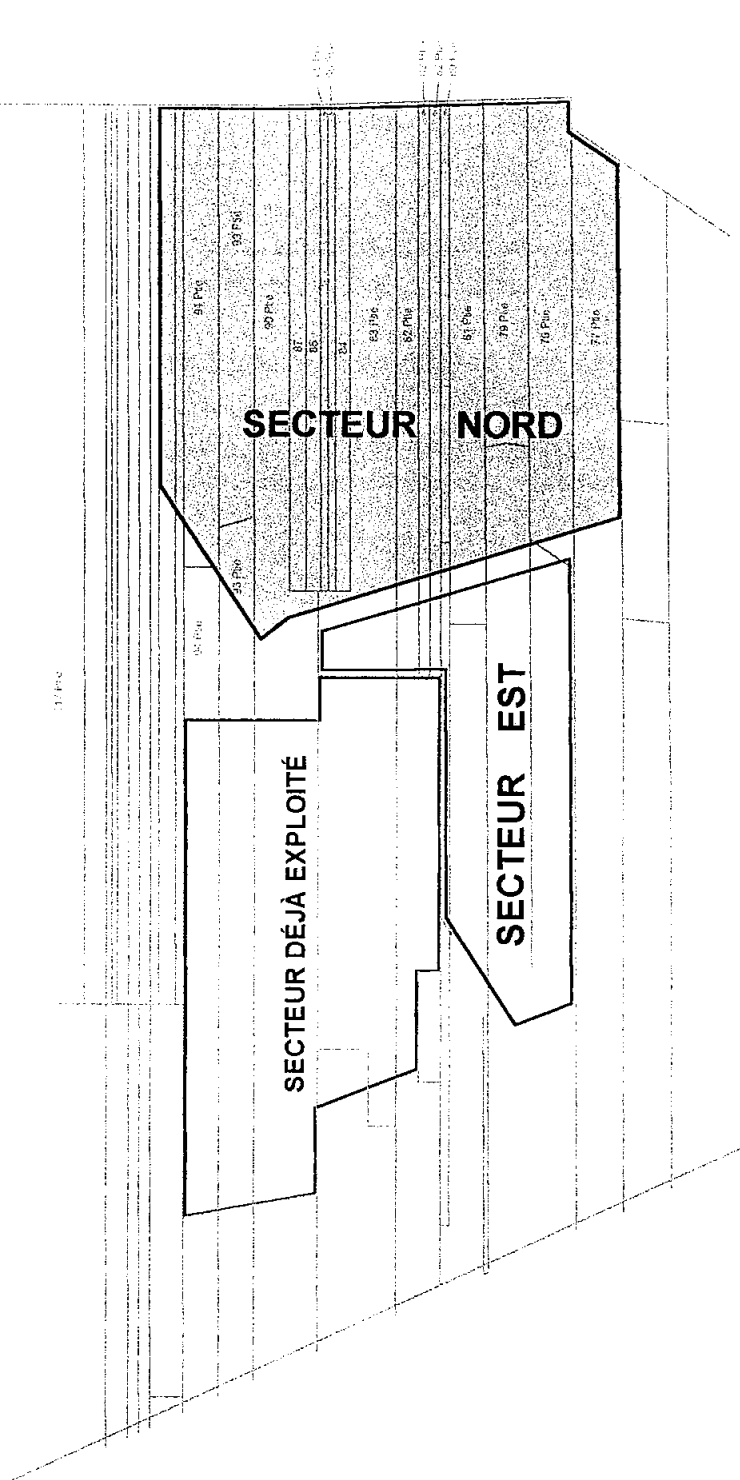
2.2 TOPOGRAPHIE

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, piézomètres et scissomètres Nilcon, tels que présentés dans ce rapport ont été mesurés lors de relevés d'arpentage réalisés en février et mai 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. 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.

FIGURE 2.1



LOCALISATION DES SECTEURS ACTUELS ET FUTUR

ÉCHELLE 1 : 20 000

Cliant:

BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE

Projet:

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DU SECTEUR NORD

Approuvé:

Jean-Claude Marron

Dessiné:

E. Demontigny

Date:

Juin 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 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 matières résiduelles enfouies. 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 ;
- Phase 1 Environmental Site Assessment, Browning-Ferris Industries Ltd. Lachenaie Sorting Plant Landfill site, juin 2000 par Dessau-Soprin ;
- Phase II Environmental Site Assessment, Lachenaie Landfill site, septembre 2000 par Dessau-Soprin ;

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 mai 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.

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.

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 jusqu'au till.
- Réalisation de 36 profils scissométriques Nilcon identifiés N-1 à N-37 avec des essais tous les 1,5 m jusqu'à des profondeurs comprises entre 13,0 m et 20,0 m.

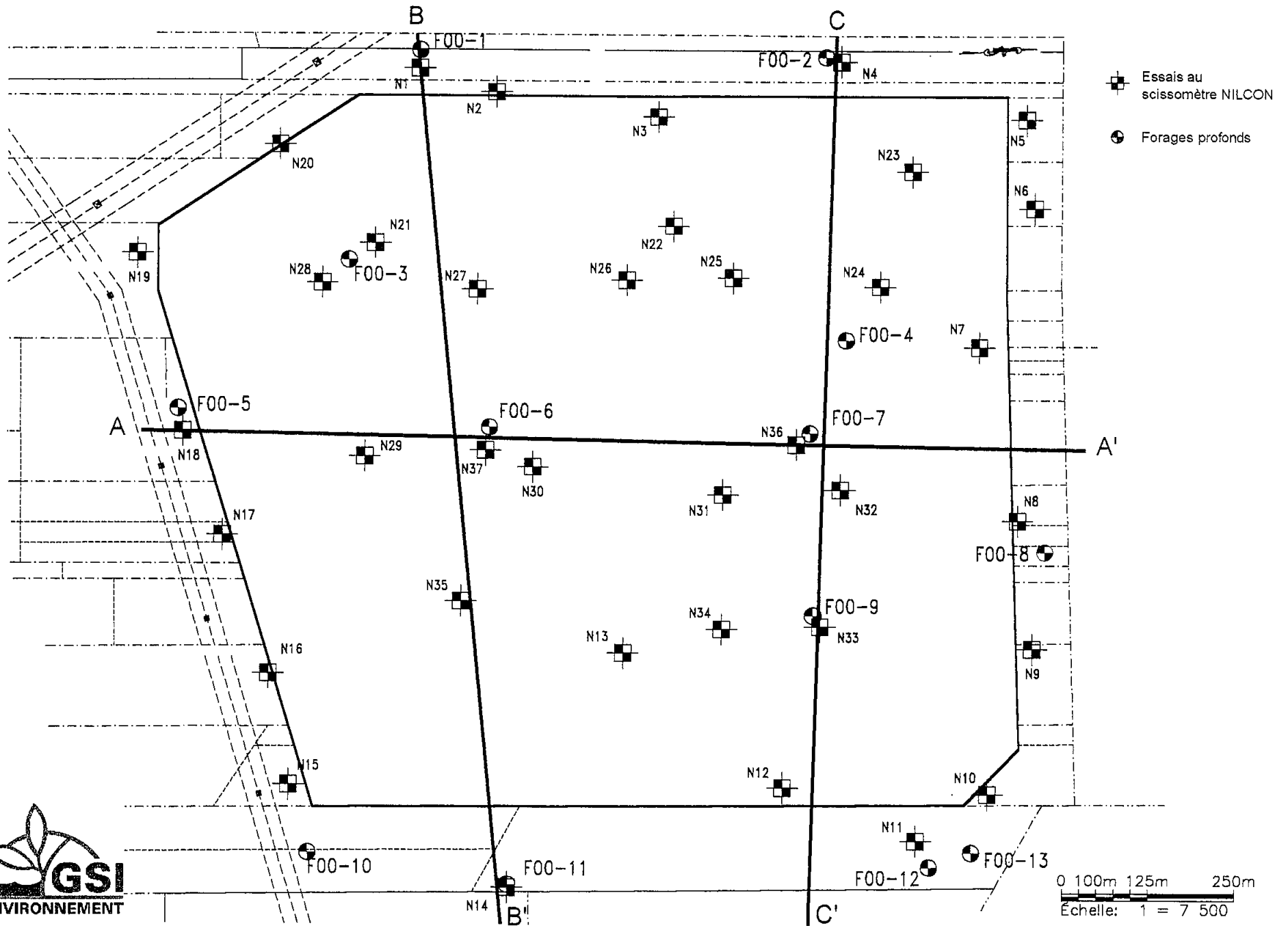
La figure 3.1 « Plan de localisation des essais » présente la position des différents sondages réalisés. L'ensemble des résultats est joint en annexe au présent rapport.

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

Figure 3.1 - PLAN DE LOCALISATION DES ESSAIS



4. 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 travaux requis pour l'étude hydrogéologique.

Socle rocheux

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. 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, de la faible perméabilité des argiles sous-jacentes et de l'exploitation d'une sablière localisée sur une propriété adjacente au site de BFI Usine de Triage Lachenaie Itée. 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.

5. 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 5.2 à 5.4 montrent les coupes stratigraphiques A-A', B-B' et C-C'.

5.1 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.

5.2 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 présence de sable au droit des forages s'explique dans la majorité des cas par la nécessité d'avoir un chemin d'accès en sable pour circuler avec les équipements de forage. 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.

5.3 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 5.4 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 sont noyées dans une matrice constituée de façon homogène d'argile silteuse.

5.4 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.

5.5 SOCLE ROCHEUX

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.

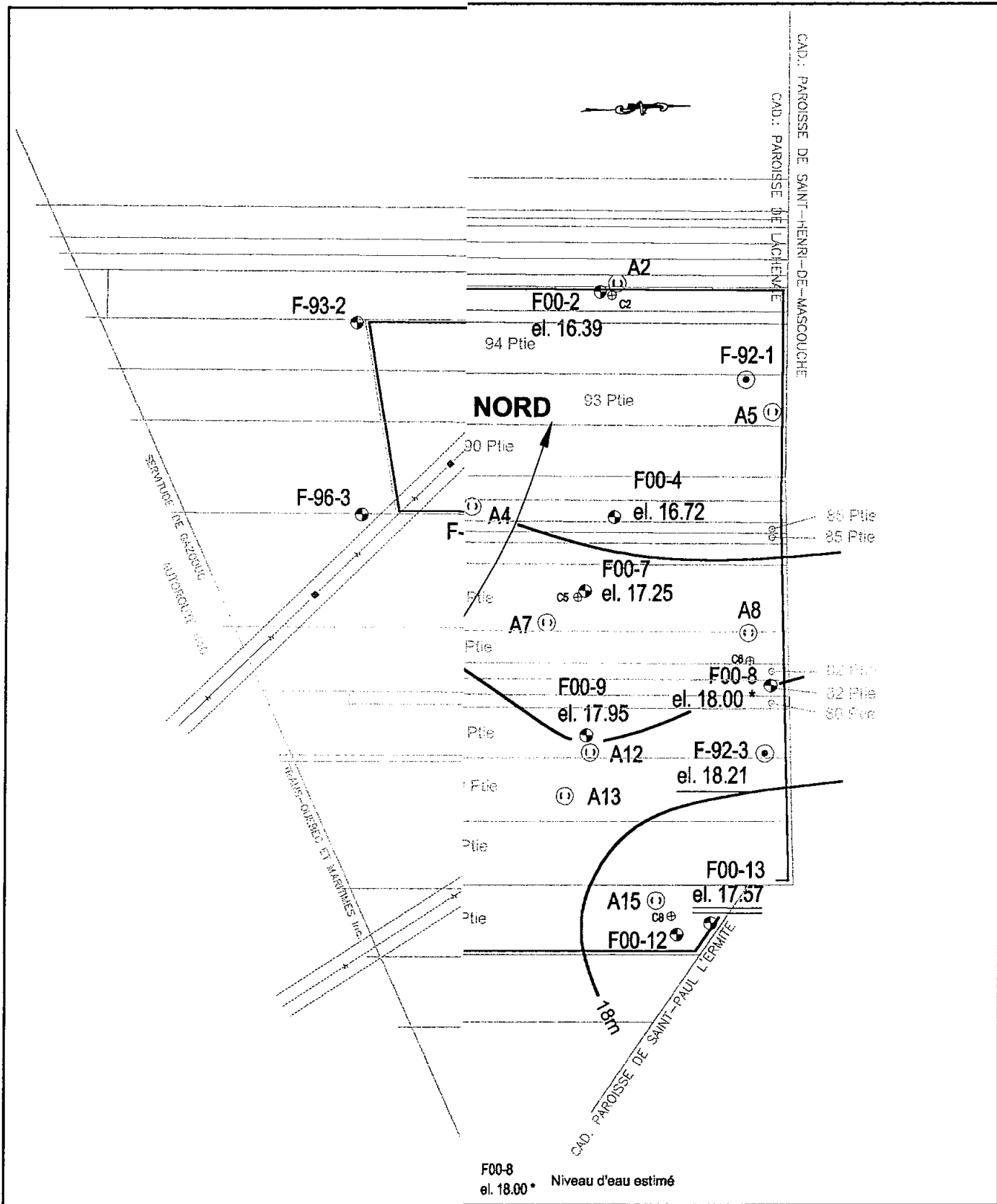
6. CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

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. Dans le cadre de la présente étude géotechnique, la nappe du till est particulièrement importante pour les aspects liés à la stabilité du fond vis-à-vis des risques de soulèvement.

Les niveaux piézométriques observés dans les 12 nouveaux piézomètres ainsi que dans cinq 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).

Une carte piézométrique, figure 6.1, illustre le sens de l'écoulement souterrain dans la couche de till.



F00-8
el. 18.00* Niveau d'eau estimé



Client: **BFI US**

Titre:

Approuvé:
Robert Marier

- F00-10 el. 18.96 No de forage avec niveau d'eau stabilisé (27/03/01)
- F00-11 el. 17.79 No de forage avec niveau d'eau Mai 2001 (NOVE)
- F00-13 el. 17.57 No de forage avec niveau d'eau Juin 2001 (NOVE)
- F-92-1 ☉ Forages réalisés en 1992
- F00-10 ☉ Forages profonds (Till) réalisés en 2001
- A1 ☉ Forages dans l'argile réalisés en 2001

Figure: 6.1

7. RÉSULTATS

7.1 FORAGES SCISSOMÉTRIQUES

Afin de déterminer in-situ la résistance au cisaillement non drainée de la couche d'argile, 36 profils scissométriques ont été réalisés à l'aide d'un scissomètre de type Nilcon.

Compte tenu du grand nombre de profils obtenus et afin d'en faciliter la lecture, quatre zones ont été définies. Il s'agit, en considérant l'ensemble de la zone étudiée de :

- la limite extérieure Ouest (N1 – N2 – N3 – N4 – N5 – N6 – N18 – N19 – N20) ;
- la limite extérieure Est (N8 – N9 – N10- N11 – N12 – N13 – N14 – N15 – N16 – N17) ;
- l'axe central Nord-Sud (N24 – N25 – N26 – N27 – N28 – N30 – N31 – N32 – N36 – N37) ;
- les axes centraux des deux bandes de matières résiduelles Est et Ouest orientées Nord-Sud (N21 – N22 – N23 – N33 – N34 – N35).

Pour chacune de ces zones, la résistance au cisaillement non drainée (C_u) a été représentée en fonction de l'élévation du point considéré (figures 7.1 à 7.4). Sur les figures 7.1 à 7.4 apparaissent les fuseaux correspondant aux valeurs minimum et maximum obtenues ainsi que le profil de résistance retenu pour les calculs de stabilité. La figure 7.5 représente le fuseau encadrant l'ensemble des valeurs obtenues.

L'ensemble des courbes montre un accroissement de la résistance en fonction de la profondeur, ce qui est conforme aux propriétés que l'on peut anticiper pour un tel type de dépôt. La zone extérieure Ouest présente des résistances plus élevées que dans la zone Est. Néanmoins, l'ensemble des autres résultats ne permet pas de dégager des zones de résistances nettement distinctes. Dans ces conditions, nous considérerons un seul profil scissométrique pour l'ensemble des calculs de stabilité, soit le cas le plus défavorable sur l'ensemble du site correspondant à une courbe enveloppe passant par les valeur minimales obtenues.

Le tableau 7.1 ci-après résume les résistances moyennes de chaque zone et les résistances retenues pour les calculs de stabilité.

Tableau 7.1 Résistances moyennes au cisaillement in-situ

Élévations (m)	Résistances moyennes				Valeurs minimales retenues
	Zones				
	Ouest	Est	Centrale	Bande	
18,00	55	47	46	45	40
16,00	59	54	54	52	40
5,00	103	79	87	93	59
0,00	104	78	84	96	66

Tel qu'indiqué précédemment, le terme bande désigne l'axe Nord-Sud des parties de cellule Est et Ouest (voir figure 8.2).

Le profil de résistance au cisaillement de l'argile qui sera utilisé pour la suite des calculs est présenté dans le tableau 7.2 ci-après. La résistance au cisaillement mesurée au scissomètre doit être ajustée pour représenter la résistance mobilisable sur le terrain. C'est Bjerrum qui a proposé un coefficient correcteur, μ , qui relie la résistance corrigée $(Cu)_{corr}$ à la résistance au cisaillement scissométrique en place, $(Cu)_{site}$ comme suit :

$$(Cu)_{corr} = \mu \cdot (Cu)_{site} \quad (1)$$

formule où μ varie avec l'indice de plasticité.

Tableau 7.2 Profil des résistances minimales au cisaillement de l'argile

Élévation (m)	$(Cu)_{site}$ (kPa)	μ	$(Cu)_{corr}$ (kPa)	Taux d'accroissement (kPa/m)
22	40	0,85	34	0,00
16	40	0,85	34	1,45
5	59	0,85	50	2,00
-4	74	0,92	68	

7.2 ESSAIS EN LABORATOIRE

L'ensemble des résultats d'essais en laboratoire sur les échantillons intacts d'argile sont présentés dans le tableau 7.3 ci-après. En se basant sur la distribution des indices des vides initiaux, deux couches d'argile peuvent être définies, soit une couche d'argile comprise entre le niveau actuel du sommet de la couche d'argile et l'élévation +5 m qui sera désignée dans le reste du texte par argile supérieure, et une couche d'argile comprise entre l'élévation +5 m et le sommet de la couche de till qui sera désignée par argile inférieure.

7.2.1 Couche d'argile supérieure

La couche d'argile supérieure présente les caractéristiques physiques suivantes :

	Moy.	Min.	Max.
• teneur en eau naturelle (%) :	65	54	70
• limite de liquidité (%) :	64	52	73
• limite de plasticité (%) :	27	24	30
• indice de plasticité (%) :	37	28	43
• indice de liquidité (s.d.) :	1,0	0,9	1,2
• poids volumique (kN/m ³) :	16,1	15,8	16,6
• classification (USC) :		CH	

L'indice de liquidité (IL) est défini par :

$$IL = \frac{W_n - w_p}{I_p} \quad (2)$$


avec :

W_n	=	teneur en eau naturelle
W_p	=	limite de plasticité
I_p	=	indice de plasticité

Ces caractéristiques permettent de classer l'argile supérieure dans la catégorie des argiles inorganiques de plasticité élevée.

Tableau 7.3 Résultats des essais en laboratoire sur argiles

Identification					Caractéristiques physiques et mécaniques																
Sonda ge No.	Ech.	Prof. (m)		Élé. (m)		Teneur en eau et plasticité					Cisaillement			Poids vol. KN/m³	Sr (%)	Dr (s.d.)	Compressibilité				Class. ASTM
		De	À	De	À	W _N (%)	W _L (%)	W _p (%)	I _p (%)	IL (s.d.)	Cu intact kPa	Cu rem. kPa	St Cui/Cur				σ _p kPa	Cc 1/1	σ _p kPa	Cc 1/1	
Couche d'argile supérieure à l'élévation +5m																					
F00-1	TM-3	6,00	6,60	10,70	10,10	66,2	66,1	26,6	39,5	1,0	45	1,8	25	15,9	100,4		176	1,96	200	1,61	CH
F00-2	TM-3	6,00	6,90	12,88	11,98	61,7	60,5	25,5	35,0	1,0	48	2,0	24	16,6	104,2		193	1,66			CH
F00-3	TM-3	6,00	6,60	13,01	12,41	66,3	66,4	27,2	39,2	1,0	39	1,8	22	16,2	103,0		153	1,97	190	1,66	CH
F00-4	TM-3	6,00	6,60	14,24	13,64	66,1	60,6	26,7	33,9	1,2	38	1,3	29	16,3	104,0		153	1,96			CH
F00-5	TM-3	6,00	6,60	13,81	13,21	65,2	65,2	27,4	37,8	1,0	37	1,7	22	15,9	99,6		146	1,89			CH
F00-6	TM-3	6,00	6,60	12,37	11,77	64,9	60,3	25,3	35,0	1,1	35	1,5	23	16,0	100,1		140	1,87	187	1,7	CH
F00-7	TM-3	6,00	6,60	11,60	11,00	64,5	62,9	26,0	36,9	1,0	40	2,0	20	16,0	100,4	2,76	159	1,85	215	1,62	CH
F00-8	TM-3	6,00	6,60	13,07	12,47	68,9	66,3	26,3	40,0	1,1	41	2,1	20	16,0	102,6		160	2,16			CH
F00-9	TM-3	6,00	6,60	13,04	12,44	65,7	62,7	25,3	37,4	1,1	46	1,9	24	16,0	100,2		182	1,93	180	1,72	CH
F00-10	TM-3	6,00	6,60	15,89	15,29	63,3	56,9	25,7	31,2	1,2	48	1,5	32	16,1	99,8		197	1,76			CH
F00-11	TM-3	6,00	6,60	16,15	15,55	53,7	52,0	24,2	27,8	1,1				16,4	96,5			1,16			CH
F00-12	TM-3	6,00	6,60	14,70	14,10	69,3	64,6	26,7	37,9	1,1	28	1,5	19	16,1	103,9		110	2,19	190	1,94	CH
F00-2	TM-5	12,00	12,60	6,88	6,28	62,3	66,5	27,3	39,2	0,9	74	3,4	22	16,3	101,9		290	1,70			CH
F00-3	TM-5	12,00	12,60	7,01	6,41	67,4	65,8	28,3	37,5	1,0	87	3,1	28	15,9	101,1		344	2,05	370	1,71	CH
F00-4	TM-5	12,00	12,60	8,24	7,64	64,7	64,5	26,5	38,0	1,0	59	2,3	26	15,8	98,3		233	1,86	236	1,48	CH
F00-5	TM-5	12,00	12,60	7,81	7,21	67,6	66,1	25,7	40,4	1,0	47	2,3	20	16,0	101,5		183	2,06			CH
F00-6	TM-5	12,00	12,60	6,37	5,77	65,5	65,9	28,8	37,1	1,0	61	2,4	25	15,9	99,7		242	1,92			CH
F00-7	TM-5	12,00	12,60	5,60	5,00	69,8	72,9	29,5	43,4	0,9	64	3,0	21	15,8	101,3	2,75	245	2,22			CH
F00-8	TM-5	12,00	12,60	7,07	6,47	62,6	66,5	26,4	40,1	0,9	61	3,1	20	16,1	99,4		238	1,72	244	1,48	CH
F00-9	TM-5	12,00	12,60	7,04	6,44	66,0	66,4	26,6	39,8	1,0	78	2,9	27	15,8	99,0		305	1,95	247	1,59	CH
F00-10	TM-5	12,00	12,60	9,89	9,29	62,6	60,6	26,9	33,7	1,1	66	2,4	28	16,1	100,2		267	1,72			CH
F00-11	TM-5	12,00	12,60	10,15	9,55	60,7	58,5	25,3	33,2	1,1	70	2,3	30	16,2	99,4		284	1,59			CH
F00-12	TM-5	12,00	12,60	8,70	8,10	68,8	66,1	26,6	39,5	1,1	54	1,9	28	15,8	100,3		211	2,15	212	1,37	CH
					moy	64,9	63,7	26,6	37,1	1,0	53	2,2	24	16,1	100,7	2,76	210	1,88			
					min	53,7	52,0	24,2	27,8	0,9	28	1,3	19	15,8	96,5	2,75	110	1,16			
					max	69,8	72,9	29,5	43,4	1,2	87	3,4	32	16,6	104,2	2,76	344	2,22			
Couche d'argile inférieure à l'élévation +5m																					
F00-1	TM-5	12,00	12,90	4,70	3,80	57,3	56,8	29,1	27,7	1,0	74	3,6	21	17,0	105,4		310	1,38	300	1,04	CH
F00-2	TM-7	18,00	18,60	0,88	0,28	55,2	57,6	28,7	28,9	0,9	84	2,9	29	16,8	102,0		350	1,25	345	1,01	CH
F00-3	TM-7	18,00	18,60	1,01	0,41	51,5	53,8	26,4	27,4	0,9	73	3,1	24	17,0	101,3		306	1,04	336	0,57	CH
F00-4	TM-7	18,00	18,60	2,24	1,64	59,7	60,0	28,9	31,1	1,0	80	3,8	21	16,5	101,7		328	1,53			CH
F00-5	TM-7	18,00	18,60	1,81	1,21	58,3	59,3	28,8	30,5	1,0	61	2,7	23	16,6	101,9		251	1,44			CH
F00-6	TM-7	18,00	18,60	0,37	-0,23	47,1	50,8	22,6	28,2	0,9	61	4,9	12	16,7	94,0		254	0,80	244	0,93	CH
F00-7	TM-7	18,00	18,60	-0,40	-1,00	52,2	54,3	27,4	26,9	0,9	68	3,0	23	17,2	103,3	2,75	286	1,08	275	0,92	CH
F00-8	TM-7	18,00	18,60	1,07	0,47	55,9	58,5	29,8	28,7	0,9	94	2,9	32	16,3	97,6		391	1,29			CH
F00-9	TM-7	18,00	18,60	1,04	0,44	55,2	54,4	27,1	27,3	1,0	70	2,9	24	17,0	103,4		293	1,25	276	0,98	CH
F00-10	TM-7	18,00	18,60	3,89	3,29	59,7	57,9	28,3	29,6	1,1	77	3,3	23	16,3	99,5		318	1,53			CH
F00-11	TM-7	18,00	18,60	4,15	3,55	59,0	58,6	28,5	30,1	1,0	74	2,8	26	16,2	98,4		305	1,48	350	0,8	CH
					moy	55,6	56,5	27,8	28,8	1,0	74	3,3	23	16,7	100,8	2,75	308	1,28			
					min	47,1	50,8	22,6	26,9	0,9	61	2,7	12	16,2	94,0	2,75	251	0,80			
					max	59,7	60,0	29,8	31,1	1,1	94	4,9	32	17,2	105,4	2,75	391	1,53			

 Valeurs obtenues par calcul

Les essais au cône suédois sur échantillons intacts donnent des résistances au cisaillement comprises entre 27 kPa et 87 kPa, ce qui les place dans les catégories de consistance ferme à raide. La sensibilité, comprise entre 19 et 32, indique des argiles sensibles. La sensibilité (S_i) est définie comme le quotient de la résistance au cisaillement du matériau intact par celle du même matériau après remaniement.

Les caractéristiques de compressibilité déterminées à partir des essais oedométriques donnent des pressions de préconsolidation comprises entre 180 kPa et 250 kPa. Un seul échantillon indique une valeur notablement élevée (F00-3/TM-5) avec 370 kPa. Ces valeurs sont supérieures de 100 à 150 kPa à la contrainte effective verticale actuelle induite par les sols en place. Nous avons donc affaire à des argiles surconsolidées.

Au-delà de la pression de préconsolidation, le coefficient de consolidation (C_c) est très élevé avec des valeurs maximales variant entre 1,37 et 1,94. Le ratio moyen $\frac{C_u}{\sigma_p}$ est de l'ordre de 0,23, valeur habituelle pour ce type d'argile.

7.2.2 Couche d'argile inférieure

La couche d'argile inférieure présente les caractéristiques physiques suivantes :

	Moy.	Min.	Max.
• teneur en eau naturelle (%) :	56	47	60
• limite de liquidité (%) :	57	51	60
• limite de plasticité (%) :	28	23	30
• indice de plasticité (%) :	29	23	30
• indice de liquidité (s.d.) :	1,0	0,9	1,1
• poids volumique (kN/m ³) :	16,7	16,2	17,2
• classification (USC) :		CH	

On constate une diminution de la teneur en eau naturelle associée à une augmentation du poids volumique. L'indice de plasticité est également plus faible.

Les résistances au cône suédois sont nettement supérieures dans cette couche et comprises entre 61 kPa et 94 kPa. La sensibilité reste élevée.

Les pressions de préconsolidation sont comprises entre 245 kPa et 350 kPa ce qui indique, comme pour la couche supérieure, une surconsolidation d'environ 100 à 150 kPa. Au-delà de la pression de préconsolidation, le coefficient de consolidation (C_c) est plus faible que dans l'argile supérieure, avec des valeurs maximales comprises entre 0,60 et 1,05.

Le ratio moyen $\frac{C_u}{\sigma_p}$ est de l'ordre de 0,24, ce qui est identique à celui obtenu pour la couche d'argile supérieure.

Les analyses sédimentométriques réalisées sur les deux couches montrent un passant de 100% à 80 μm et une teneur en argile ($< 2 \mu\text{m}$) variant entre 50% et 70%.

8. ÉTUDE DE STABILITÉ

8.1 STABILITÉ VIS-À-VIS DU SOULÈVEMENT

La stratigraphie telle que présentée au chapitre 5.0 indique entre autres, que le dépôt d'argile silteuse présent dans toute la zone étudiée repose sur une couche de till de fond. L'élévation piézométrique mesurée dans les piézomètres installés dans la couche de till est à peu de chose près équivalente au sommet de la couche d'argile. Ceci signifie que la base de la couche d'argile est soumise à la poussée d'une colonne d'eau d'une hauteur à peu près égale à l'épaisseur de la couche d'argile. En cas d'excavation de cellule dans le niveau argileux il est nécessaire de laisser en place une épaisseur minimale d'argile dont le poids sera suffisant pour contrebalancer la poussée de la nappe du till.

Le calcul de l'élévation du fond d'excavation, pour un coefficient de sécurité (F_s) donné s'écrit :

$$F_s = \frac{(El_{exc} - El_{till}) \gamma_{haïm}}{(El_{nap} - El_{till}) \gamma_w} \quad (3)$$

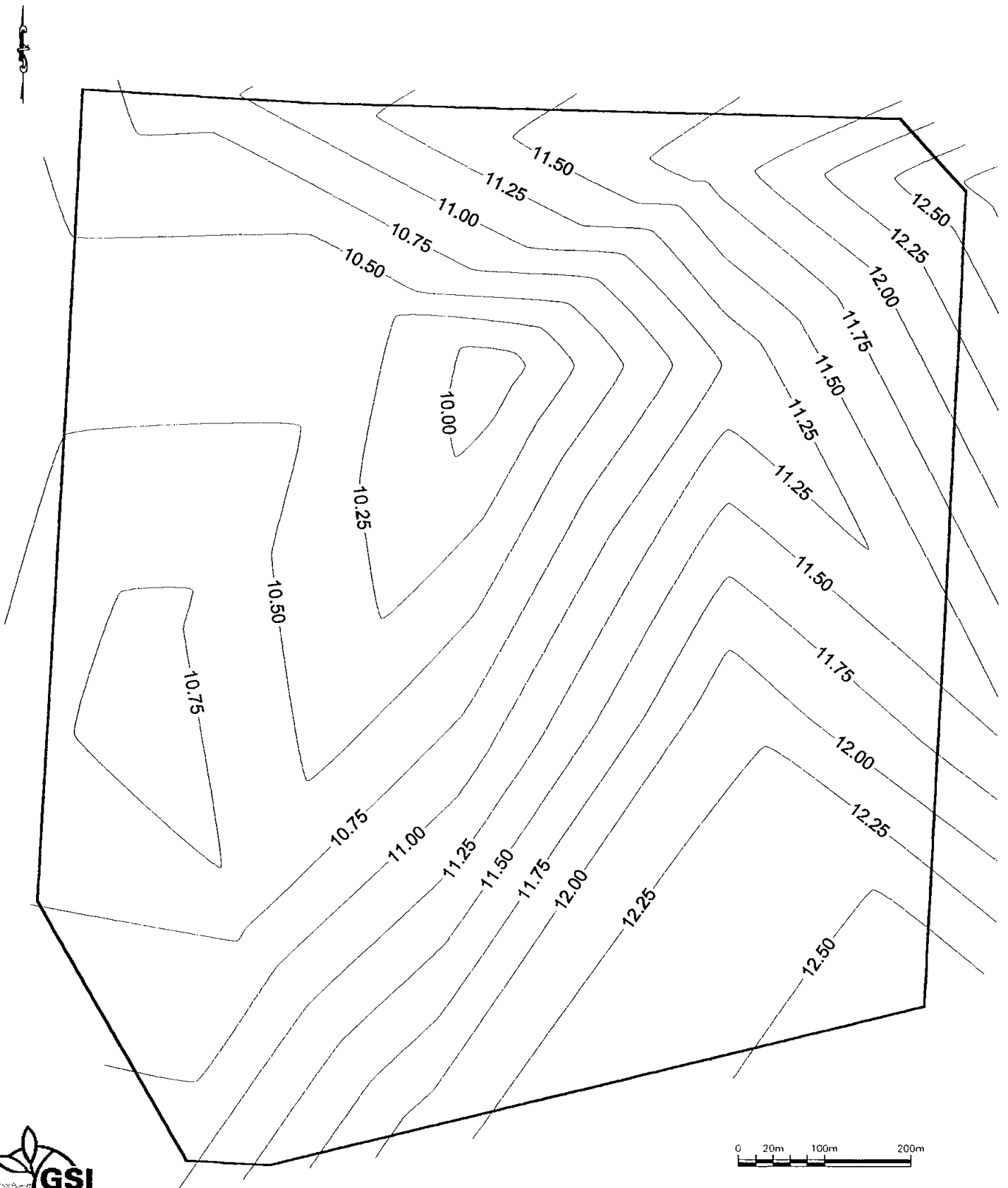
avec :

- F_s = coefficient de sécurité
- El_{exc} = élévation de l'excavation de la cellule (m)
- El_{till} = élévation du sommet de la couche de till (m)
- El_{nap} = élévation piézométrique de la nappe du till (m)
- $\gamma_{haïm}$ = poids volumique humide moyen de l'argile à l'état initial (kN/m^3)
- γ_w = poids volumique de l'eau du till (kN/m^3)

Le calcul de El_{exc} s'écrit donc :

$$El_{exc} = F_s \frac{(El_{nap} - El_{till}) \gamma_w}{\gamma_{haïm}} + El_{till} \quad (4)$$

Figure 8.1 - Courbes de niveau de l'excavation respectant les contraintes vis-à-vis du soulèvement



En prenant pour F_s une valeur de 1,1 et pour γ_{haim} une valeur de 16,4 kN/m³, nous obtenons les élévations suivantes :

Tableau 8.1 Stabilité vis-à-vis du soulèvement

Forages	Élévation nappe (m)	Élévation till (m)	E _{exc} (m)
F00-1	16,54	- 1,3	10,44
F00-2	16,39	- 1,82	10,16
F00-3	17,36	- 2,59	10,54
F00-4	16,72	- 2,46	10,16
F00-5	18,98	- 1,29	12,05
F00-6	18,03	- 3,43	10,69
F00-7	17,25	- 4,90	9,67
F00-8	18,00*	- 3,83	10,53
F00-9	17,95	- 3,46	10,63
F00-10	18,93	+ 0,29	12,55
F00-11	18,89	- 1,65	11,87
F00-12	17,60*	- 1,00	11,24
F00-13	17,57	- 0,80	11,29
F92-1	16,40*	- 2,82	9,83
F92-2	16,70*	- 0,99	10,65
F92-3	18,48	- 1,28	11,72
F92-4	18,50*	- 1,56	11,64

Remarques :

- 1) L'élévation de la nappe correspond au relevé du 27/03/01. Pour les niveaux des forages F00-11 et F00-13 non stabilisés à cette époque, nous avons retenu les valeurs les plus élevées mesurées en mai et juin 2001.
- 2) Les élévations de nappe marquées d'un astérisque (*) ont été estimées sur la carte piézométrique.

À partir des valeurs d'élévation d'excavation calculée, les courbes de niveau du fond d'excavation respectant les exigences vis-à-vis du soulèvement ont été représentées sur la figure 8.1.

8.2 STABILITÉ DES TALUS

8.2.1 Géométrie des talus

La vue en plan et en coupe (figure 8.2) de la future cellule montre que le remplissage se fera en plusieurs étapes. Tout d'abord remplissage de la partie de cellule Est et ensuite de la partie de cellule Ouest. Lorsque ces deux parties seront complétées, le remplissage de la partie centrale de la cellule, entre les deux parties initiales, sera réalisé .

À chacune de ces étapes correspondent des conditions de stabilité particulières.

Les différents talus à considérer seront :

- étape de remplissage des parties de cellule Est et Ouest :
 - talus d'excavation périphérique dans l'argile,
 - talus de matières résiduelles périphérique des parties de cellule Est et Ouest des côtés Bord et Centre,
 - talus du front de matières résiduelles ;
- étape de remplissage de la partie centrale de la cellule :
 - talus de matières résiduelles périphérique de la cellule complétée.

La figure 8.3 décrit les pentes et les hauteurs des différents talus étudiés.

8.2.2 Nature et caractéristiques mécaniques des sols et des matières résiduelles

8.2.2.1 Nature et caractéristiques des sols

La détermination de la nature des sols ainsi que de leurs caractéristiques mécaniques a été faite en s'appuyant sur l'ensemble des études et travaux de reconnaissance réalisés sur le site de Lachenaie et en tenant compte des nombreux articles scientifiques publiés sur les argiles de l'Est du Canada et notamment par monsieur Guy Lefebvre. Nous renvoyons le lecteur au document synthèse réalisé par monsieur Guy Lefebvre à partir de la présente étude et présenté en annexe 5.

Figure 8.2 - Vue en plan et en coupe de la cellule

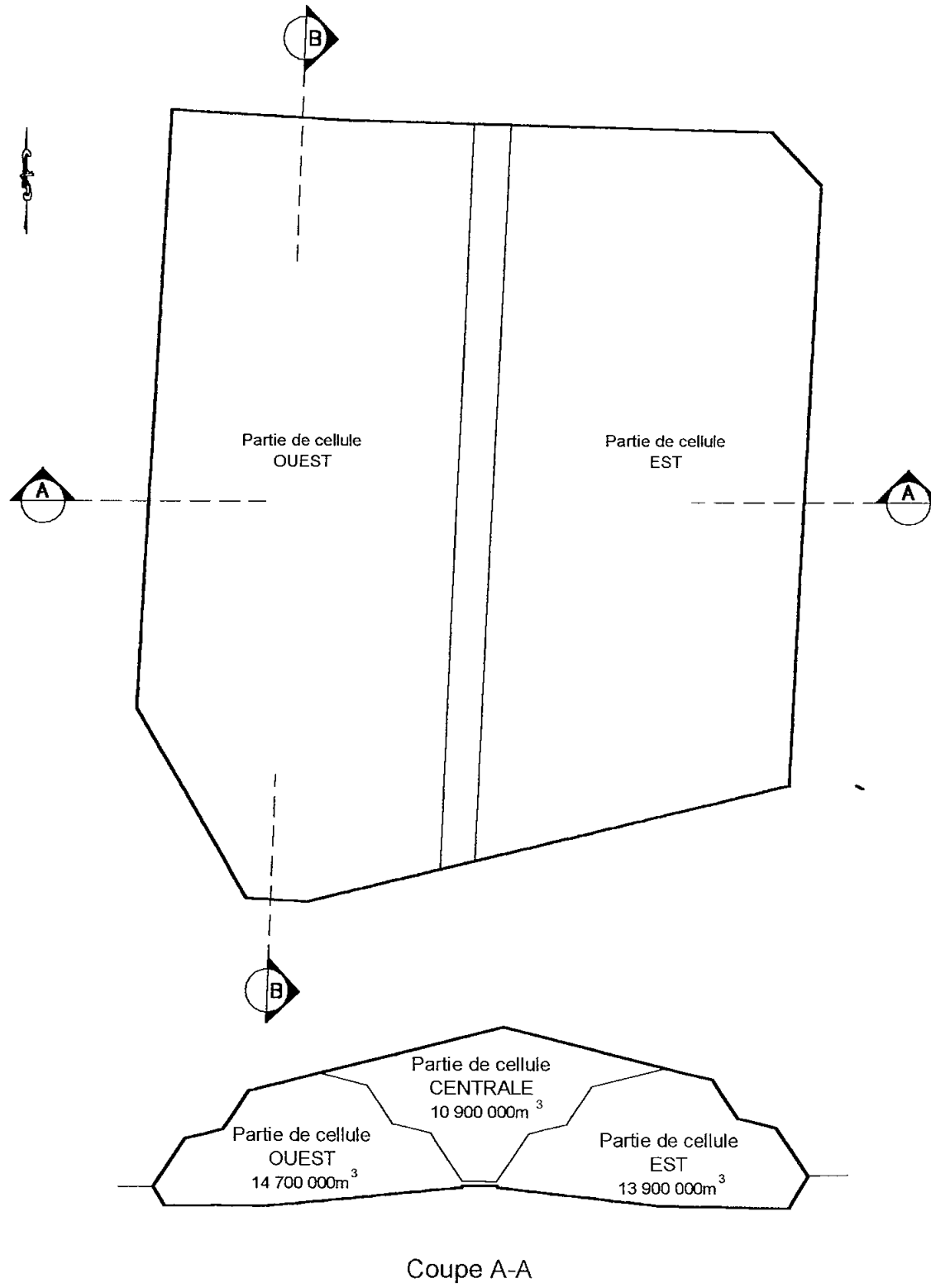
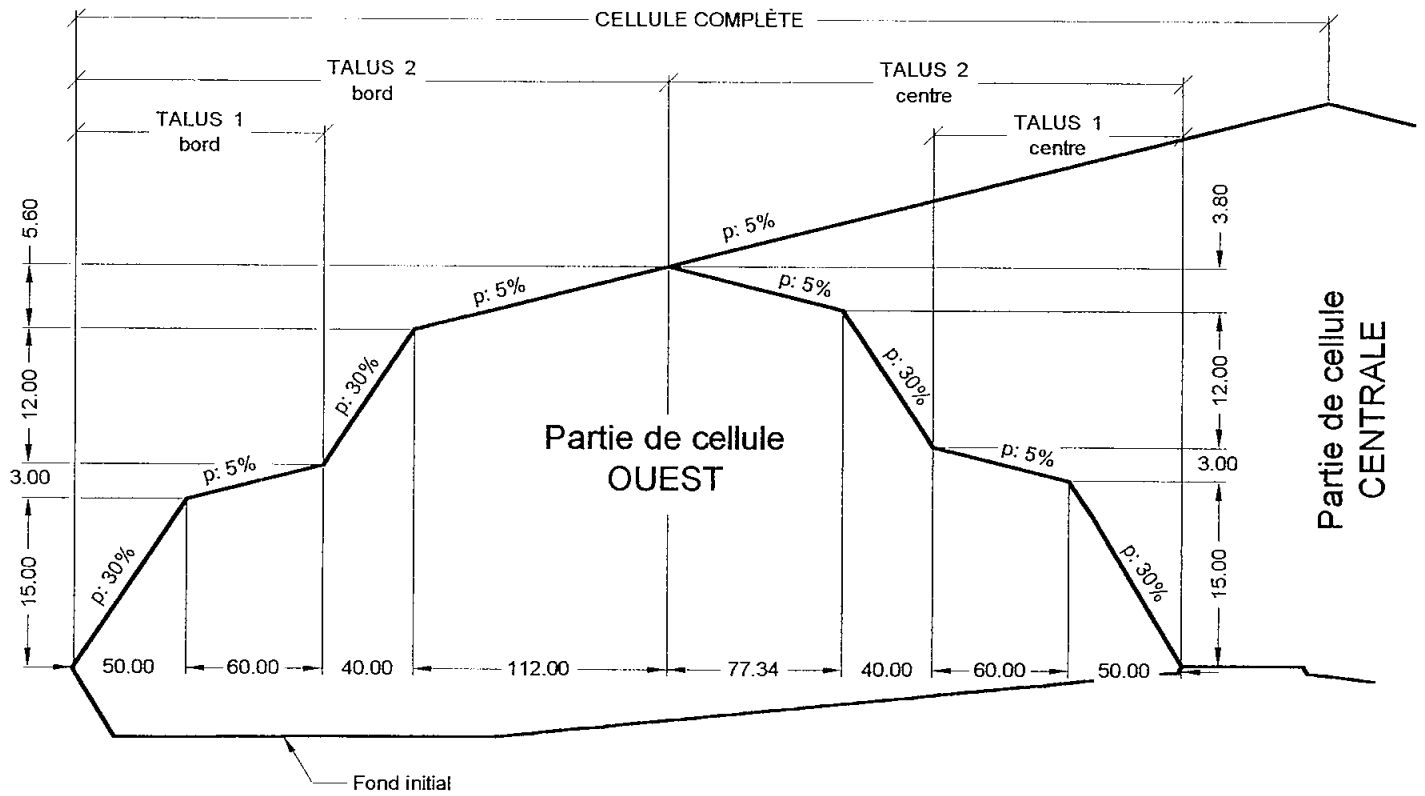
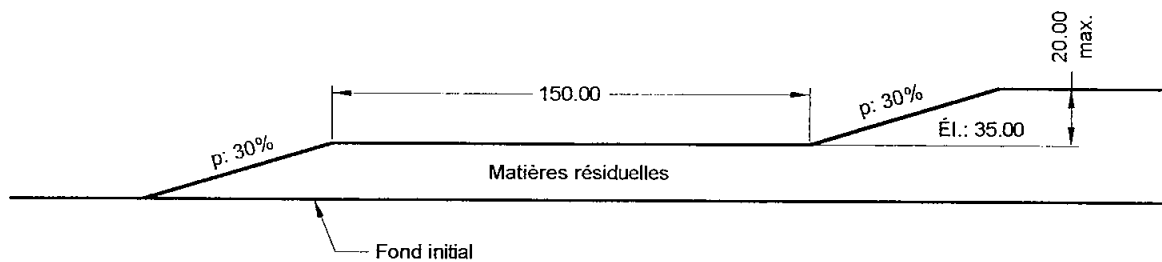


Figure 8.3 - Pentes et hauteurs des différents talus



a) Cellule complétée - Coupe A-A



b) Cellule en cours de remplissage - Coupe B-B

La stratigraphie retenue est la suivante :

Tableau 8.2 Stratigraphie

Élévation (m)	Nature du sol
22 à 16	argile silteuse
16 à 5	argile silteuse
5 à - 3	argile silteuse
- 3 à - 6	till sablonneux et silteux
> - 6	roc, schiste argileux

Les caractéristiques physiques et mécaniques sont résumées dans le tableau ci-après.

Tableau 8.3 Caractéristiques mécaniques

Élévation (m)	Nature du sol	γ_h (kN/m ³)	Court terme	
			φ_u (degré)	C_u kPa
22 à 16	argile	16,2	0	34
16 à 5	argile	16,2	0	34 à 50
5 à - 3	argile	16,6	0	50 à 68
- 3 à - 6	till	18,0	30	0

Il est important de noter que les caractéristiques à court terme présentées au tableau 8.3 ne prennent pas en compte l'accroissement de résistance qui sera produit par la surcharge due aux matières résiduelles. Cet accroissement de résistance n'apparaîtra que dans les zones où la surcharge induite par les matières résiduelles excédera d'au moins 50 kPa la pression de préconsolidation. Cet aspect sera à considérer lors du calcul de stabilité de la partie centrale de la cellule.

avec :

- γ_h = poids volumique humide (kN/m³)
- φ_u = angle de frottement interne à court terme (degré)
- C_u = cohésion à court terme (kPa)

8.2.2.2 Caractéristiques mécaniques des matières résiduelles

Le poids volumique des matières résiduelles présente une grande importance aussi bien pour les calculs de stabilité que de tassement. Afin de retenir la valeur la plus probable nous avons considéré le poids volumique global (matières résiduelles et couvert journalier) actuellement obtenu pour la zone Est (10 kN/m³) ainsi que les tassements obtenus après mise en place du couvert argileux (15 %).

En tenant compte également des résultats obtenus sur des sites ayant de fortes épaisseurs de matières résiduelles (Earth Technology-1998, Faset et al-1994), nous avons retenu le profil de poids volumique suivant :

Tableau 8.4 Poids volumique des matières résiduelles

Épaisseurs (m)	Poids volumique (kN/m ³)
0	10
30	13
> 30	13

Un article récent de Richard T. Sprague et Gregory N. Richardson dans la revue « The Journal for Municipal Solid Wastes Professionals – Septembre-Octobre 2001 » indique une valeur limite de 13 kN/m³.

L'hétérogénéité, la nature et la dimension des différents constituants des matières résiduelles solides ne permettent pas une détermination simple et précise des caractéristiques à long terme des matières résiduelles. Sur la base d'une recherche bibliographique, André Cancelli (Sanitary Landfilling, Process Technology and Environmental Impact ; pp.483-505,. Academic Press, 1989) recommande en l'absence d'essais les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned}\varphi' &= 25^\circ \\ C' &= 10 \text{ kPa}\end{aligned}$$

Nous avons donc retenu dans nos calculs les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned}\varphi' &= 25^\circ \\ C' &= 5 \text{ kPa}\end{aligned}$$

8.2.3 Piézométrie

Nous avons considéré dans nos calculs :

- la présence d'une nappe en charge dans le till ;
- que le lixiviat produit par les matières résiduelles est capté en continu par le système de drainage localisé à la base des cellules ;
- que la pression pouvant être générée par les biogaz à l'intérieur des matières résiduelles était dissipée par les systèmes de captage de biogaz.

8.2.4 Méthodes de calcul

Les calculs de stabilité ont été réalisés à l'aide du logiciel Slide de Roc-Science (version 3.025).

La méthode de calcul utilisée est la méthode de Bishop simplifiée en considérant des surfaces de rupture circulaire et composite. La surface composite permet de privilégier un glissement plan au sein des couches d'argile. Cette configuration apparaît particulièrement appropriée compte tenu de la relative faible épaisseur du massif argileux par rapport à l'épaisseur du talus de matières résiduelles.

Dans le cas particulier du secteur Nord, la stabilité du massif argileux est à examiner pour des chargement successifs induits par le massif de matières résiduelles. Les conditions les plus critiques vis-à-vis de la stabilité d'ensemble correspondront aux conditions à court terme. En effet, une fois la charge appliquée, le processus de consolidation commence là où la contrainte effective excède la pression de pré-consolidation. Cette consolidation s'accompagne d'un accroissement de la résistance au cisaillement de l'argile de fondation.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 8.5 ci-après.

Tableau 8.5 Coefficients de sécurité

Type de talus	Circulaire	Composite
Talus d'excavation	2,20	2,20
Partie Est et Ouest		
Talus 1 Bord	2,26	1,99
Talus 2 Bord	1,78	1,62
Talus 1 Centre	1,86	1,78
Talus 2 Centre	1,68	1,51
Front de matières résiduelles	1,60	1,58
Partie centrale	--	1,60

Un accroissement moyen de résistance au cisaillement non drainée de 10 % a été considéré dans le cas de la partie centrale de la cellule pour tenir compte de la consolidation de l'argile produite lors du remplissage des parties Est et Ouest.

La valeur minimale du coefficient de sécurité requise pour ces types de talus est de 1,3. On constate donc que la réserve de sécurité sur la stabilité des pentes est très confortable. Ceci d'autant plus que les résistances au cisaillement de l'argile utilisées dans les calculs sont les minimum de l'ensemble des valeurs obtenues.

9. TASSEMENTS

9.1 INFLUENCE DES TASSEMENTS

L'extension Nord du lieu d'enfouissement sanitaire de Lachenaie sera conçue et réalisée en fonction du dernier projet de « Règlement sur l'élimination des matières résiduelles » (25 octobre 2000). Ce projet prévoit que la hauteur maximale des matières résiduelles ne sera plus limitée à 4 m au-dessus du niveau du terrain naturel, comme c'était le cas dans le passé (extension Est). La hauteur maximale est maintenant fixée par une étude d'intégration au paysage. Dans notre cas, l'étude d'intégration au paysage (Nove Environnement – 2001¹) montre que les hauteurs maximales de matières résiduelles peuvent atteindre 64 m au-dessus du niveau du terrain naturel. Pour de telles hauteurs de matières résiduelles, les contraintes appliquées au sommet de la couche d'argile vont entraîner des tassements importants de celle-ci. Il est donc nécessaire d'anticiper l'amplitude de ces tassements afin de s'assurer qu'après tassement, la géométrie du fond des cellules rencontrera les exigences minimales fixées par le projet de règlement de façon à assurer le captage de lixiviat.

Ces exigences sont de deux types :

- exigences par moyens ;
 - la pente du fond des cellules vers les drains devra être de 2 % minimum,
 - la pente des drains de collecte sera de 0,5 % minimum ;
- exigences par objectif :
 - la hauteur de lixiviat dans la couche de drainage ne devra pas excéder 50 cm.

Dans la présente note, nous allons donc analyser les résultats d'essais et faire les choix des paramètres à utiliser dans les calculs ainsi que les méthodes de calcul et de travail.

9.2 ANALYSE DES RÉSULTATS D'ESSAIS

Afin de déterminer les caractéristiques de compressibilité de l'argile en place, 19 essais de consolidation oedométrique ont été réalisés. Ces essais permettent de déterminer la relation entre l'indice des vides d'un échantillon d'argile et la contrainte appliquée. L'ensemble des courbes obtenues est représenté sur les figures 9.1 et 9.2. On constate que deux familles de courbes peuvent être considérées en se basant sur la valeur de l'indice des vides initial. Une première famille de courbe dont l'indice des vides initial est compris entre 1,75 et 2,0 et une

¹ Nove Environnement inc., Juin 2001. Étude d'intégration visuelle. Optimisation des élévations du secteur Nord du LES de BFI Usine de Triage Lachenaie inc.

deuxième comprise entre 1,45 et 1,6. Ces deux familles de courbes correspondent respectivement à la couche d'argile supérieure et à la couche d'argile inférieure.

Figure 9-1: Essais oedométriques (Argile supérieure)

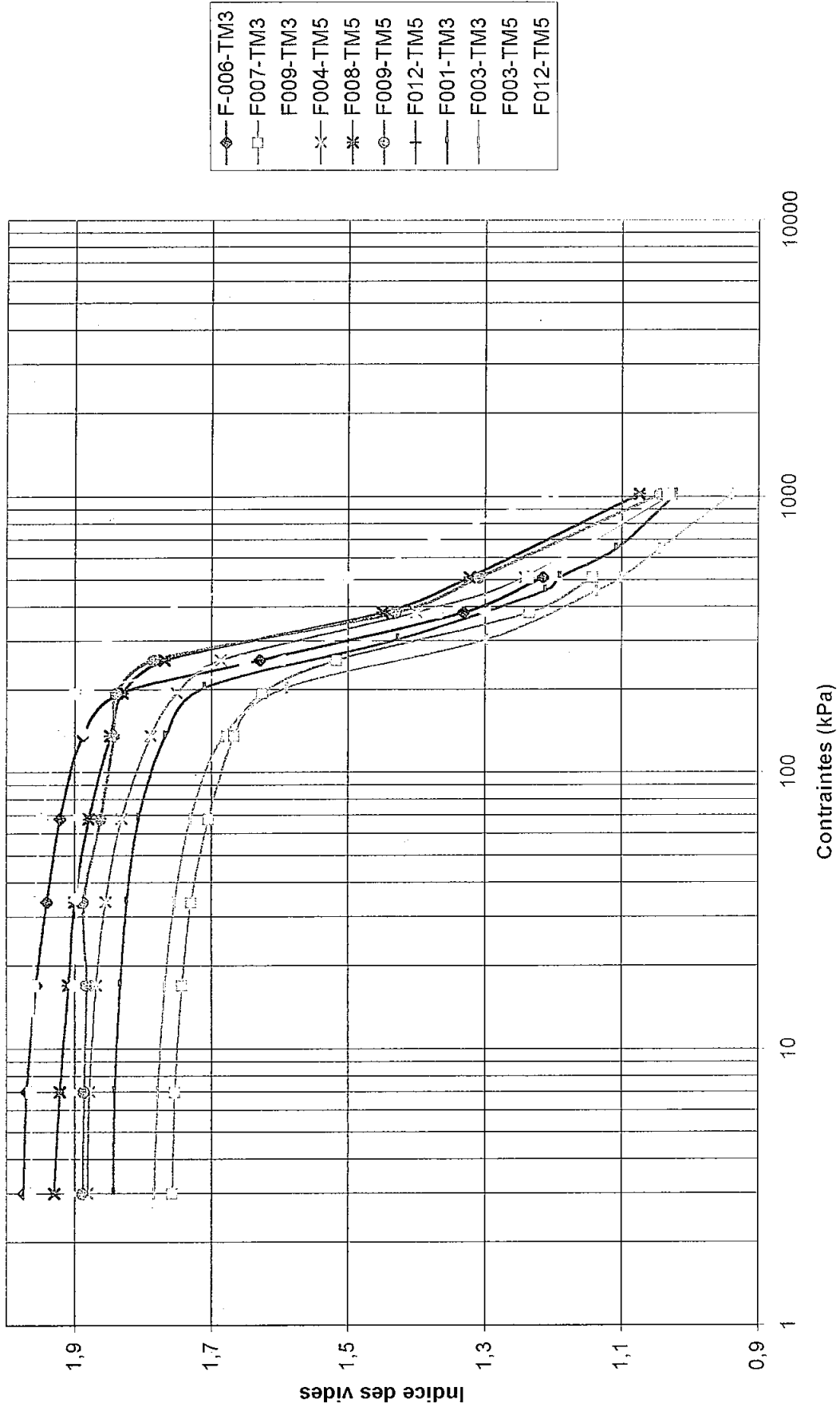


Figure 9-2-Essais oedométriques(Argile inférieure)

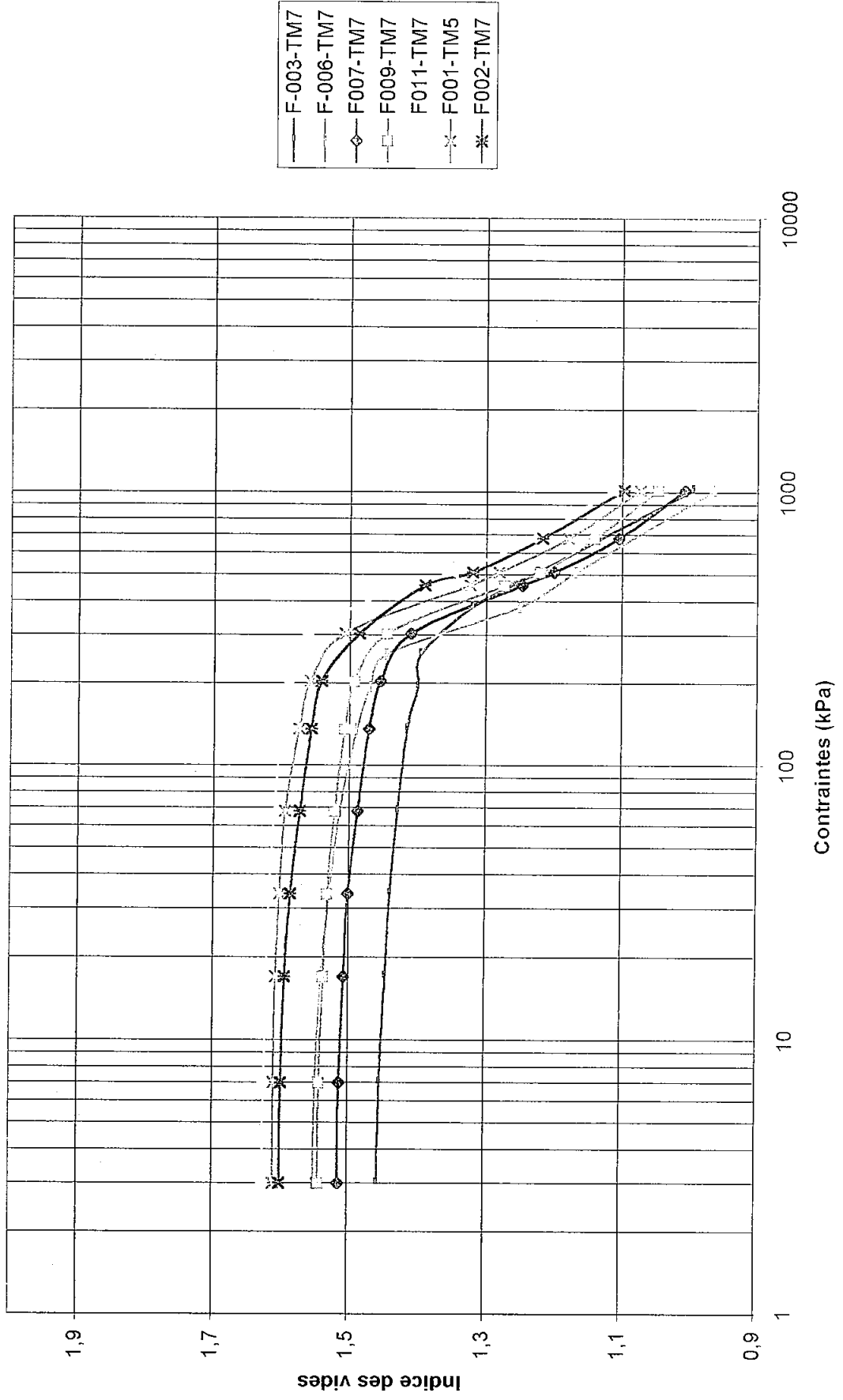
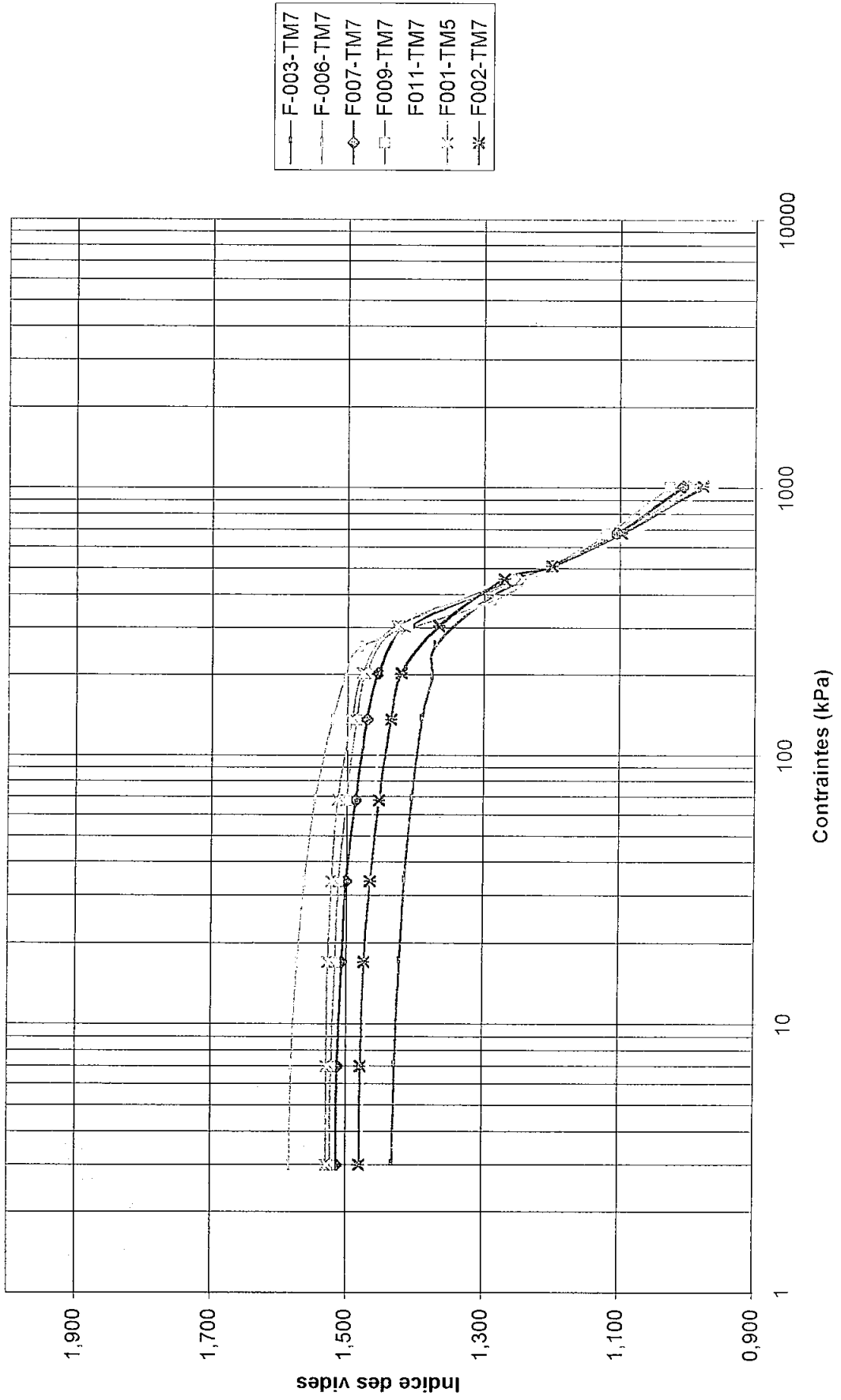


Figure 9-4-Essais oedométriques modifiés(Argile inférieure)



Afin de mieux apprécier ces familles de courbes, nous les avons représentées aux figures 9.3 et 9.4 en les faisant passer par un point commun de coordonnées $(\sigma_p; e_o)$ égales à 500 kPa;1,2. Cette forme de présentation met bien en évidence le regroupement en deux familles de courbes ainsi qu'une bonne similarité des pentes (C_c) des courbes de consolidation situées au-delà de la pression de consolidation. Ceci permet également de constater que la connaissance de l'indice des vides initial permet pratiquement de définir la courbe de consolidation d'un échantillon.

En partant de ce constat, nous avons représenté sur la figure 9.5 la relation existant entre l'élévation et l'indice des vides calculé pour l'ensemble des échantillons intacts prélevés. En effet, les échantillons d'argile étant saturés, l'indice des vides s'obtient à partir de la relation :

$$e = WG_s \quad (5)$$

avec :

- W = teneur en eau à saturation
G_s = densité relative des particules de sol (2,75)

La figure 9.5 fait apparaître clairement deux couches distinctes. Une couche d'argile supérieure comprise entre la surface actuelle de la couche d'argile et le niveau horizontal d'élévation 5 m. Dans cette couche, les indices des vides varient de façon aléatoire entre 1,7 et 1,95. Au-dessous de cette couche on rencontre une couche d'argile inférieure dont les indices des vides sont compris entre 1,30 et 1,65 et montrent une tendance rapide à la diminution en fonction de la profondeur.

Afin d'apprécier la distribution en plan des indices des vides, nous avons regroupé sur le tableau 2.1 la profondeur des échantillons pour chaque forage et quatre plages de variation d'indice des vides.

Tableau 9.1 Distribution des profondeurs par forage des indices des vides

Forage	Couche d'argile supérieure		Couche d'argile inférieure	
	Indice des vides			
	2,00 – 1,80	1,80 – 1,65	1,65 – 1,50	1,50 – 1,30
	Profondeur (m)			
F00-1	10,70		4,70	
F00-2		6,88 / 12,88	0,88	
F00-3	7,01 / 13,01			1,01
F00-4	14,24	8,24	2,24	
F00-5	7,81	13,81	1,81	
F00-6	6,37	12,37		0,37
F00-7	5,60	11,60		- 0,40
F00-8	13,07	7,07	1,07	
F00-9	7,04 / 13,04		1,04	
F00-10		15,89 / 9,89	3,89	
F00-11		10,15	4,15	16,15
F00-12	17,40 / 8,70			

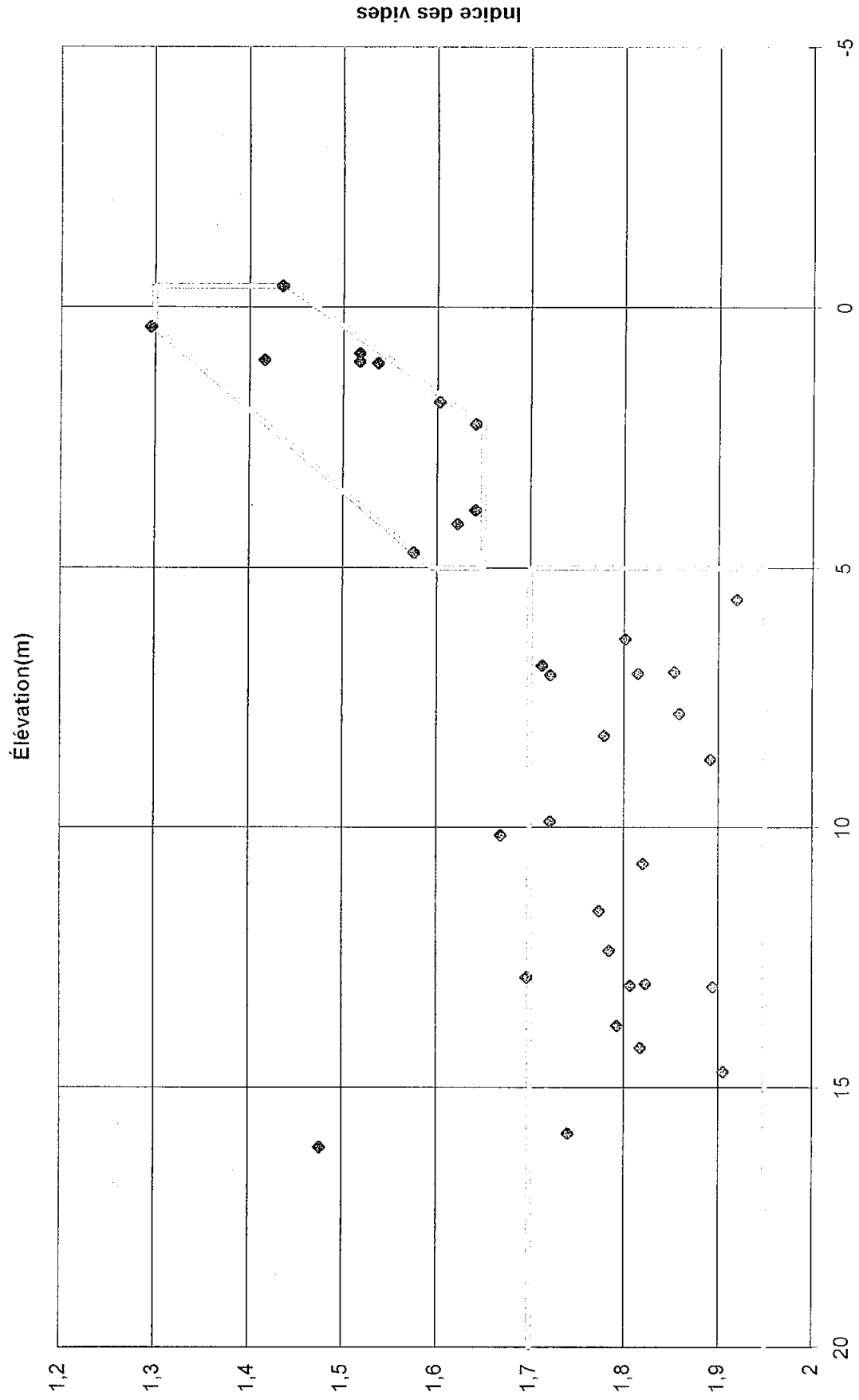
Ce tableau permet de constater que la distribution en place des indices des vides initiaux est bien répartie sur l'ensemble du site.

9.3 CHOIX DES CARACTÉRISTIQUES DE COMPRESSIBILITÉ

Compte tenu des analyses précédentes, nous retiendrons pour les calculs de tassement les hypothèses suivantes :

- une couche d'argile supérieure limitée au sommet par la topographie du sommet de l'argile et à la base par le plan horizontal d'élévation 5 m. Les paramètres de consolidation seront ceux des essais oedométriques obtenus sur les échantillons prélevés au-dessus de l'élévation + 5 m. Nous n'avons pas considéré de « croûte » surconsolidée en surface, celle-ci n'ayant pu se former à cause de la présence de la couche de sable ;
- une couche d'argile inférieure limitée en partie haute par le plan horizontal à l'élévation + 5 m et à la base par le contact argile/till. Les paramètres de consolidation seront ceux obtenus sur les échantillons prélevés en dessous de l'élévation + 5 m.

Figure 9-5-Relation élévation vs indice des vides



9.4 MÉTHODE DE CALCUL DES TASSEMENTS

L'objectif des calculs de tassement est d'anticiper l'amplitude des tassements de façon à en tenir compte lors du profilage du fond des cellules et des tranchées des drains.

La formule générale de calcul des tassements dans le cas d'une bicouche est la suivante :

$$\Delta H = H_1 \frac{\Delta e_1}{1 + e_{1i}} + H_2 \frac{\Delta e_2}{1 + e_{2i}} \quad (6)$$

avec :

H_1 et H_2	=	épaisseur des couches d'argiles supérieure et inférieure (m)
ΔH	=	tassements totaux des couches d'argile (m)
ΔH_1 , ΔH_2	=	tassements respectifs des couches d'argile supérieure et inférieure (m)
Δe_1 , Δe_2	=	variation des indices des vides correspondant à la variation de contrainte effective au centre des couches d'argile supérieure et inférieure
e_{1i} , e_{2i}	=	indice des vides initiaux des couches d'argile supérieure et inférieure

Le calcul de ΔH nécessite la détermination de Δe_1 , Δe_2 et donc des indices des vides initiaux e_{1i} et e_{2i} et finaux e_{1f} et e_{2f} .

$$\Delta e_1 = e_{1i} - e_{1f} \quad (7)$$

Δe_1	=	variation de l'indice des vides au centre de la couche d'argile supérieure
e_{1i}	=	indice des vides initial de la couche d'argile supérieure
e_{1f}	=	indice des vides final de la couche d'argile supérieure

Les indices des vides initiaux et finaux se déterminent sur la courbe d'essai oedométrique à partir des contraintes effectives initiales et finales au centre des deux couches d'argile supérieure et inférieure. L'avantage de travailler directement avec les valeurs d'indice des vides plutôt que d'utiliser la contrainte de préconsolidation σ'_p et l'indice de consolidation (C_c) est que l'on s'affranchit de l'imprécision de ces paramètres.

Afin de ne pas alourdir le texte du présent rapport, nous renvoyons le lecteur en annexe pour la lecture du détail de la méthode de calcul retenue.

9.5 TASSEMENTS ABSOLUS

L'application de la méthode décrite précédemment a été appliquée à l'ensemble du site en déterminant pour une grille d'espacement 25 m x 25 m tous les paramètres nécessaires au calcul de tassement. Cette modélisation du site a permis de représenter sur la figure 9.6 la distribution en plan des tassements absolus anticipés.

Comme on peut le constater sur la figure 9.6, les tassements anticipés au centre sont importants et de l'ordre de 4,50 m. Ils sont pratiquement nuls en périphérie de la cellule. C'est l'importance de ces tassements qui a conditionné la méthode de conception du fond d'excavation des cellules et la position des drains de collecte de lixiviat. La figure 9.7 présente de façon schématisée le principe de conception du fond des cellules et des tranchées.

La conception vise à ce que après tassement complet suite à la finalisation de la partie centrale de la cellule, la pente minimale des drains rencontre l'exigence de 0,5 %. La pente du fond des cellules vers les drains sera conçue de façon à respecter après tassement, une pente minimale de 2 %. Cette approche est comparable à celle mise en œuvre pour la zone Est actuellement en exploitation.

Par ailleurs, ces tassements vont s'accompagner d'un drainage d'eau interstitielle provenant du massif argileux. Les valeurs anticipées seront de :

- parties Est et Ouest : 1 350 000 m³
- partie centrale : 900 000 m³

Environ 70 % de ces volumes se drainera dans la couche de captage de lixiviat et 30 % se drainera dans la nappe du till. Ceci conduira à des volumes d'eau de consolidation drainés vers le système de drainage du lixiviat de :

- parties Est et Ouest : 945 000 m³
- partie centrale : 630 000 m³

Afin de déterminer l'influence éventuelle de ces eaux sur la qualité du lixiviat ainsi que sur la nappe du till, une série d'analyses chimiques de l'eau interstitielle a été réalisée. Le détail de ces analyses est présenté dans l'étude hydrogéologique.

Figure 9.6 - Amplitude des tassements absolus en mètres

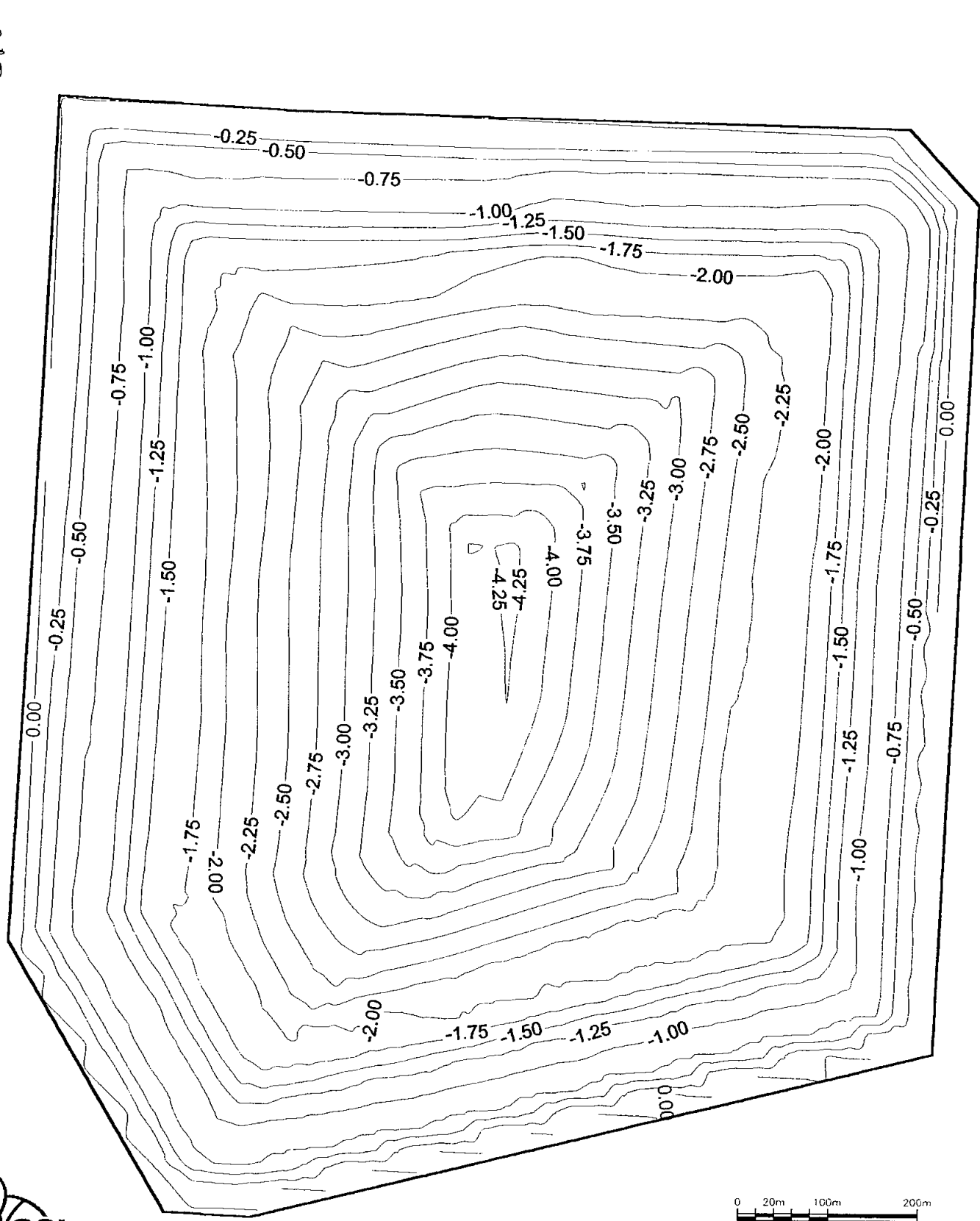
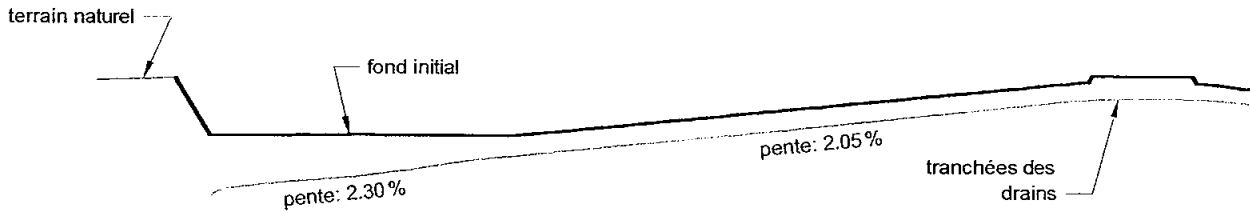
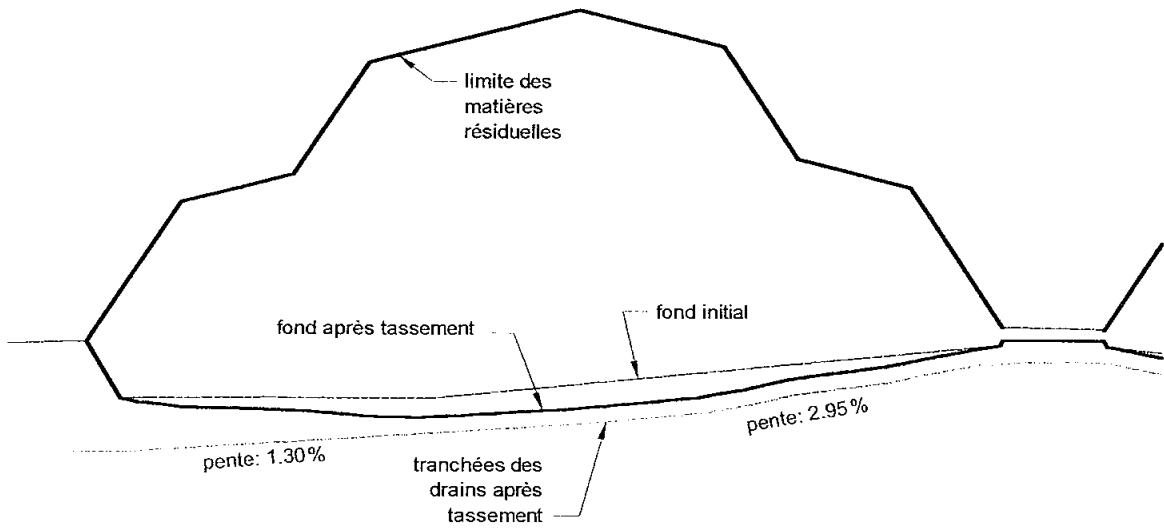


Figure 9.7 - Système de drainage du lixiviat
Schémas de principe de conception et d'évolution

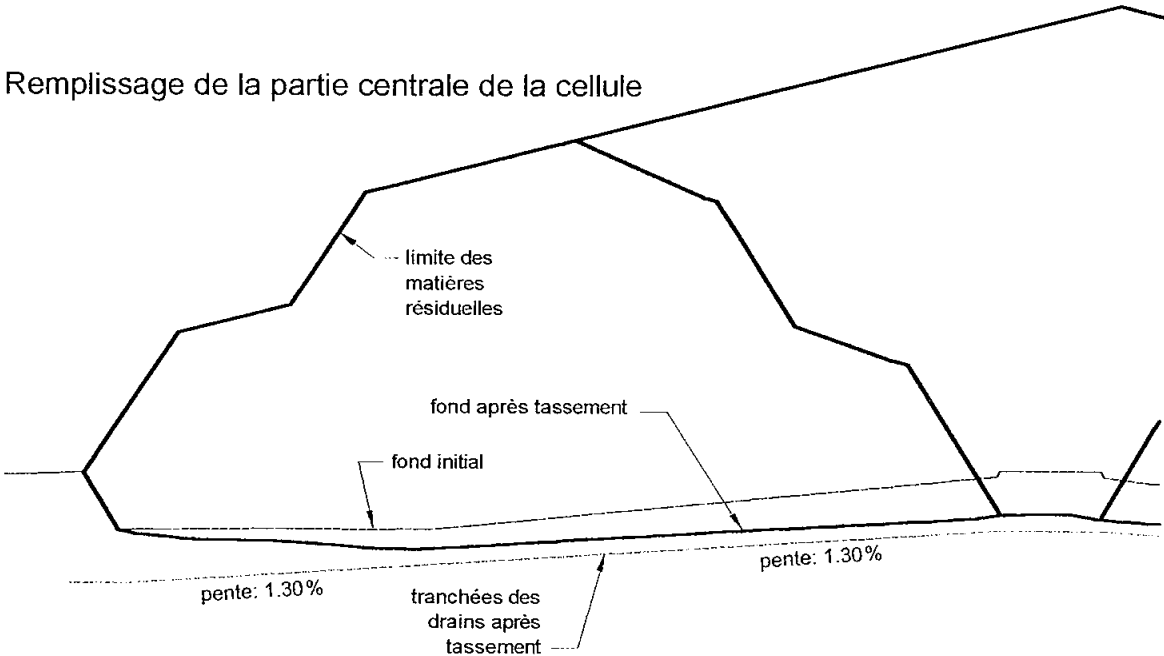
Étape 1: Excavation de la cellule et des tranchées



Étape 2: Remplissage des parties de cellule EST et OUEST



Étape 3: Remplissage de la partie centrale de la cellule



9.6 TASSEMENTS DIFFÉRENTIELS

Les tassements absolus déterminés aux chapitres précédents sont des tassements moyens susceptibles de varier entre une valeur minimale et une valeur maximale. La combinaison de tassements minimum et maximum peut avoir pour effet de réduire ponctuellement la pente des drains qui doit être au minimum de 0,5 %.

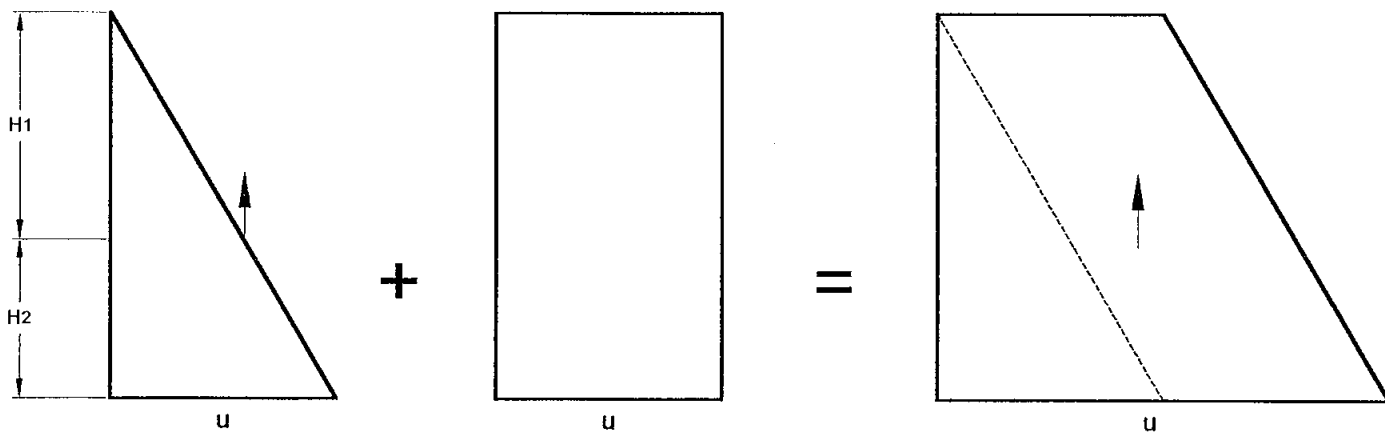
Afin d'évaluer l'importance des tassements différentiels pouvant se produire, nous avons analysé l'influence des différents paramètres intervenant dans le calcul du tassement. Le détail de cette analyse apparaît dans la note technique en annexe intitulée « calculs des tassements ». Les conclusions de cette note sont résumées ci-après :

- en considérant un écart-type maximum de 0,19 m et un intervalle de ± 2 écart-type, ceci nous conduit à un tassement différentiel $\pm 0,4$ m. Ceci imposera pour les drains une pente minimale moyenne visée de 1,3 % afin de conserver une pente minimale de 0,5 % dans les zones les plus chargées ;
- les principaux facteurs qui ont une influence sur le tassement différentiel sont la fonction de compression, la hauteur de matières résiduelles et le poids volumique des matières résiduelles. Les deux paramètres sur lesquels un contrôle pourra être effectué seront l'épaisseur de matières résiduelles ainsi que la masse volumique moyenne de matières résiduelles ;
- en cours d'opération, il sera nécessaire de contrôler l'épaisseur des matières résiduelles, la masse volumique moyenne ainsi que la déformation des drains afin de s'assurer que les hypothèses de conception seront respectées en cours d'exécution ;
- les hypothèses de calcul concernant la variabilité de l'épaisseur du talus de matières résiduelles et du poids volumique sont assez élevées pour mettre à l'abris d'un dépassement des surcharges anticipées.

9.7 VITESSE DE CONSOLIDATION

La charge induite par le remblai de matières résiduelles aura pour conséquence de faire augmenter la pression de l'eau interstitielle contenue dans l'argile. Cette augmentation de pression interstitielle va s'ajouter à la pression générée par la nappe du till. La figure 9.8 ci-après représente de façon schématique ce processus de chargement (schémas a, b, c et d).

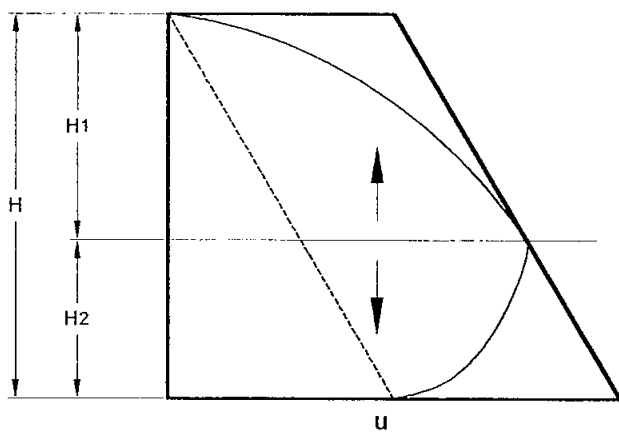
Figure 9.8 - Diagrammes des pressions interstitielles et drainage



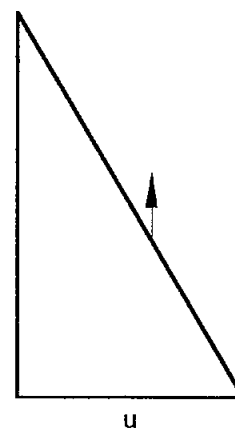
a) Nappe du till

b) Surcharge

c) Après application instantané de la surcharge (cas théorique)



d) Consolidation de la couche d'argile par drainage vertical vers le haut et vers le bas



e) État final

- H1 = Couche d'argile supérieure
- H2 = Couche d'argile inférieure
- u = Pressions interstitielles
- ↑ = Sens de drainage des eaux interstitielles

Il faut noter que le principe de la trappe hydraulique correspondant au cas 9-9-(a) sera toujours en application. Même si, en cours de consolidation l'eau de la base de la couche d'argile sera drainée vers la nappe du till. En effet, le drainage vers le haut de la partie supérieure de la couche d'argile maintiendra un écoulement vers l'intérieur des cellules.

Le temps pris par l'eau interstitielle pour revenir aux conditions initiales sera le temps de consolidation. Le temps requis pour que le tassement soit complété sera fonction de plusieurs paramètres dont le coefficient de consolidation (C_v), l'épaisseur de la couche d'argile et les conditions de drainage (sur une ou deux faces).

Le méthode la plus couramment utilisée pour estimer le temps de consolidation est celle élaborée par Terzaghi et Froelich.

Cette méthode peut se formuler comme suit :

$$U_t = f(T_v) \quad \text{avec} \quad T_v = \frac{C_v}{H^2} t \quad (8)$$

Formules où :

- U_t = degré de consolidation (%)
- T_v = facteur temps
- C_v = coefficient de consolidation (m^2/an)
- t = temps de consolidation considéré (an)
- H = demi-épaisseur de la couche d'argile en m (drainage sur les deux faces)
ou épaisseur de la couche d'argile en m (drainage sur une face)

Lorsque deux couches d'argiles d'épaisseur et de coefficient C_v différents sont superposées, le degré de consolidation global s'écrit :

$$U_g = \frac{H_1 U_1 + H_2 U_2}{H} \quad (9)$$

avec :

- U_g = degré de consolidation moyen
- U_1, U_2 = degré de consolidation des couches d'argiles 1 et 2
- H_1, H_2 = épaisseur des couches d'argiles 1 et 2

H = épaisseur totale d'argile ($H_1 + H_2$) en mètres

Cette méthode est basée sur différentes hypothèses. L'une d'entre elles étant que la perméabilité reste constante en cours de consolidation. Dans notre cas, cela ne sera pas exact. En effet, les essais de consolidation oedométriques ont permis de constater que la perméabilité va diminuer dans un rapport de 5 à 8 pour les surcharges les plus importantes. Néanmoins cette méthode, simple d'application, nous donnera un ordre de grandeur suffisant pour les besoins de l'étude.

Le coefficient de consolidation C_v mesuré apparaît étroitement lié à la valeur de la contrainte appliquée. Nous retiendrons pour notre estimé les valeurs moyennes suivantes pour les couches d'argile (contrainte moyenne de 250 kPa) :

- argile supérieure : $C_v^* = 4 \text{ m}^2 / \text{an}$
- argile inférieure : $C_v^* = 15 \text{ m}^2 / \text{an}$

* Pour les valeurs de contraintes de 500 kPa, les valeurs de C_v précédentes sont divisées environ par 4. Ceci signifie que le temps requis pour obtenir 100 % des tassements prévus sera plus important pour les contraintes élevées.

Les épaisseurs des couches d'argile dans les zones de tassements importants varient comme suit :

Tableau 9.2 Épaisseurs d'argile (m)

Épaisseurs totales	Argile supérieure	Argile inférieure
17 m	10 m	7 m
21 m	12 m	9 m

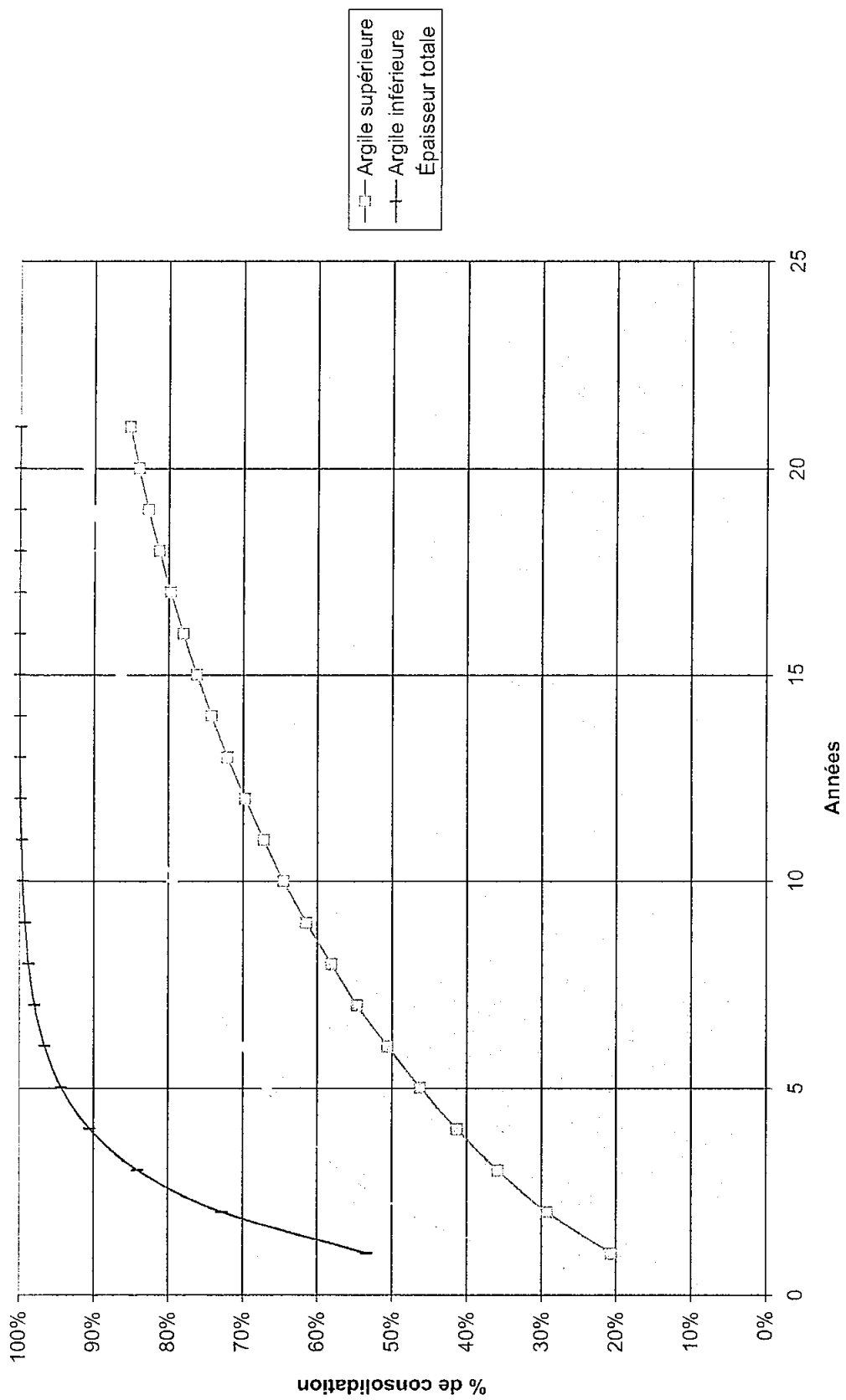
Pour chacun des couples d'épaisseur d'argile résumés dans le tableau 9.2, les calculs de temps de consolidation ont été réalisés en considérant un drainage sur une face des couches d'argile supérieure et inférieure.

La figure 9.9 présente l'évolution du degré de consolidation pour les deux couches d'argile supérieure et inférieure ainsi que pour l'ensemble des deux couches. On peut constater que passé les 2 à 3 premières années où 50 % du tassement global sera obtenu, le processus sera

particulièrement lent par la suite. Ceci est normal compte tenu de l'épaisseur des couches d'argile et de leur faible perméabilité.

L'eau interstitielle provenant de la consolidation de l'argile doit être prise en compte en terme de volume et de caractéristiques pour évaluer son influence sur le système de traitement de lixiviat. Pour fin de cette vérification, nous prendrons l'hypothèse pessimiste, que la totalité de la couche d'argile supérieure se drainera dans la couche de captage de lixiviat. Le volume de consolidation de la couche d'argile supérieure sera donc d'environ 70 % du volume total de consolidation.

Figure 9-9 : Temps de consolidation de l'argile



10. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

10.1 CONCLUSIONS

Les différentes études géotechniques réalisées sur le secteur Nord de BFI Usine de Triage Lachenaie Itée ont 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 d'épaisseur variable et discontinue suite à des exploitations 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 sous la base des cellules qui seront excavées dans la couche d'argile ;
- 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 cette importante couche d'argile a amené la considération de plusieurs aspects géotechniques qui ont eu un impact significatif sur l'élaboration du projet. La profondeur d'excavation dans le dépôt d'argile a d'abord été limitée par la nécessité de conserver une épaisseur d'argile suffisante sous les excavations afin d'assurer la stabilité contre le soulèvement du fond sous l'effet des pressions d'eau transmises par la couche de till. La position du fond des excavations a aussi été fortement influencée par la considération des tassements de l'argile sous le poids des déchets afin que les drains et couches drainantes, placées sur le fond des excavations, respectent, après tassements, les critères de pente pour assurer le bon fonctionnement de ces éléments drainants. La configuration du talus des déchets au-dessus du terrain a enfin été dictée par l'étude de la stabilité de la fondation argileuse sollicitée par la masse des déchets.

- De façon générale, la sécurité contre le soulèvement du fond limite la profondeur d'excavation à 8 ou 9 m.
- Les tassements induits par le massif de matières résiduelles atteindront 4,5 m au centre de la cellule après finalisation de la partie centrale de la cellule. Ces tassements importants ont

été pris en compte dans la conception du système de drainage de façon à éviter d'avoir des pentes de drain inférieures à 0,5 %. Comme le montre la figure 9.6, les tassements seront faibles à nuls en périphérie de la cellule et seront maximums au centre.

- La conception des talus de matières résiduelles a été faite en visant des coefficients de sécurité minimum de l'ordre de 1,5. Ce coefficient de sécurité minimum est obtenu en considérant la mise en place d'une berme d'argile, orientée Nord-Sud au centre de la cellule, lors du remplissage de la partie Est.

Les différents aspects géotechnique dans ce projet, autant au niveau des investigations que des analyses ont été traitées de façon très sécuritaire.

Il faut noter que le principe de la trappe hydraulique présenté dans l'étude hydrogéologique sera toujours en application malgré la consolidation des couches d'argile.

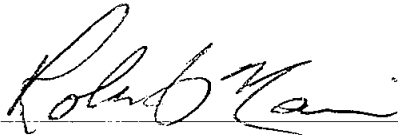
10.2 RECOMMANDATIONS

Dans le projet d'agrandissement du secteur Nord, le suivi de l'épaisseur et du poids volumique du massif de matières résiduelles sera particulièrement important. En effet, ces deux paramètres ont une incidence directe sur la valeur des coefficients de sécurité des talus et l'amplitude des tassements.

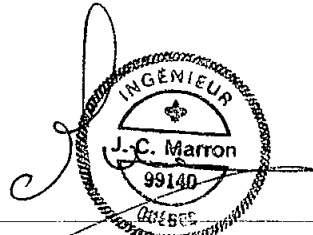
Nous recommandons donc qu'un programme de suivi des opérations soit mis en œuvre pour vérifier ces paramètres.

Ce programme pourrait s'appuyer sur :

- un calcul régulier du poids volumique moyen à partir des pesées à l'entrée du site et de relevés topographiques de la cellule en cours de remplissage ;
- un réseau de cellules de mesure de contrainte totale ;
- une mesure de la déformée des drains tous les cinq ans.



Robert Marier, géologue
Chargé de projet



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

