

**Mittal Canada inc.**  
**Étude géotechnique complémentaire du projet**  
**de dépôt définitif des poussières d'aciérage**  
**N/dossier : 2237-002**  
Décembre 2006

Présenté à :

**DDH Environnement Itée**  

---

**E x p e r t s - c o n s e i l s**

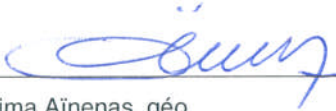
Par :





## ÉQUIPE DE RÉALISATION

Ce rapport a été réalisé par l'équipe de professionnels suivants :



Karima Aïnenas, géo.



Francis Gagnon, ing., M.Sc.A.



David Dionne, ing.



## **TABLE DES MATIÈRES**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCTION .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 MANDAT .....   | 1         |
| 1.2 CONTENU DU DOCUMENT .....  | 1         |
| <b>2. DESCRIPTION DU SITE .....</b>  | <b>2</b>  |
| 2.1 LOCALISATION .....   | 2         |
| 2.2 TOPOGRAPHIE ET DRAINAGE .....  | 2         |
| <b>3. PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE .....</b>                               | <b>4</b>  |
| 3.1 ÉTUDE GÉOTECHNIQUE – LABORATOIRE D'EXPERTISE DE QUÉBEC LTÉE – SEPTEMBRE 2001 ..... | 4         |
| 3.2 ÉTUDE COMPLÉMENTAIRE DE 2006 .....   | 4         |
| 3.2.1 <i>Travaux de terrain</i> .....  | 5         |
| 3.2.2 <i>Essais en laboratoire</i> .....   | 5         |
| <b>4. GÉOLOGIE RÉGIONALE .....</b>   | <b>7</b>  |
| 4.1 SOCLE ROCHEUX .....  | 7         |
| 4.2 DÉPÔTS MEUBLES .....   | 7         |
| <b>5. STRATIGRAPHIE LOCALE .....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>6. CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>7. RÉSULTATS .....</b>  | <b>10</b> |
| 7.1 SABLE DE SURFACE .....   | 10        |
| 7.2 ARGILE .....   | 10        |
| <b>8. RECOMMANDATIONS POUR LA CONCEPTION .....</b>                                     | <b>12</b> |
| 8.1 STABILITÉ VIS-À-VIS DU SOULÈVEMENT .....   | 12        |
| 8.2 STABILITÉ DES TALUS .....  | 12        |
| 8.2.1 <i>Géométrie des talus</i> .....   | 12        |
| 8.2.2 <i>Nature et caractéristiques mécaniques des sols et des poussières</i> .....    | 13        |
| 8.2.3 <i>Méthodes de calcul et résultats</i> .....                                     | 15        |
| 8.3 TASSEMENTS .....   | 15        |

---

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 8.4 | RÉUTILISATION DE L'ARGILE EXCAVÉE ..... | 16 |
| 9.  | CONCLUSIONS .....                       | 17 |

## **LISTE DES TABLEAUX**

|                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| Tableau 7.2.1 :   | Sommaire des caractéristiques de l'argile mesurées en laboratoire ..... | 10 |
| Tableau 8.2.2.1 : | Stratigraphie .....   | 14 |
| Tableau 8.2.2.2 : | Caractéristiques mécaniques .....                                       | 14 |
| Tableau 8.2.3.1 : | Coefficients de sécurité .....  | 15 |
| Tableau 8.3.1 :   | Calcul du tassement sous les cellules d'enfouissement.....              | 16 |

## **LISTE DES FIGURES**

|            |  |   |
|------------|--|---|
| Figure 1 : | Emplacement de Mittal Canada inc.....                        | 3 |
| Figure 2 : | Emplacement des sondages et de la coupe stratigraphique..... | 6 |

## **LISTE DES ANNEXES**

|            |   |
|------------|---|
| Annexe 1 : | Résultats des travaux d'investigation et des essais de laboratoire réalisés en 2006 |
| Annexe 2 : | Étude géotechnique - Laboratoire d'Expertise du Québec (2001)                       |
| Annexe 3 : | Analyses de stabilité   |

## 1. INTRODUCTION

*Mittal Canada inc.* (MCI) est un producteur d'acier ainsi qu'un recycleur. La matière première utilisée pour la fabrication de l'acier est du minerai de fer à plus de 50% et de la ferraille provenant de la récupération de fer post-consommation. La production génère cependant différents types de résidus, dont des poussières. Ces poussières proviennent principalement de l'évaporation des oxydes métalliques et métalloïdes résiduels contenus dans les ferrailles, qui conduit à l'entraînement dans les fours de fines particules d'additifs et l'atomisation de fines gouttelettes d'acier liquide. Ces poussières sont captées par des épurateurs et sont actuellement acheminées dans un lieu d'élimination situé sur le site. Cependant, la capacité maximale de ce dépôt sera atteinte en septembre 2008.

Pour la gestion de ces poussières, MCI souhaite construire un lieu d'élimination définitif sur sa propriété. Ce projet de dépôt définitif est assujéti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement.

### 1.1 MANDAT

DDH Environnement ltée (DDH), a confié, à SOLMERS INC. (SOLMERS), la réalisation d'une étude géotechnique complémentaire en vue d'aménager le lieu d'élimination définitif des poussières d'aciérage de l'usine. Cette étude a été réalisée en parallèle avec l'étude hydrogéologique du terrain par DDH. Le mandat confié à SOLMERS comprenait les éléments suivants :

- faire la synthèse des travaux géotechniques antérieurs qui ont été réalisés sur le terrain visé par le projet;
- compléter l'information géotechnique existante;
- à partir des résultats d'essais géotechniques, vérifier les conditions de stabilité des cellules du futur dépôt définitif vis-à-vis :
  - du soulèvement du fond des excavations,
  - des talus de bord de cellule,
  - des talus de poussières ;
- évaluer l'amplitude et la vitesse des tassements de la couche d'argile.

### 1.2 CONTENU DU DOCUMENT

Le présent document décrit les travaux de terrain effectués dans la zone à l'étude par DDH et fait l'interprétation des 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 termes.

## 2. DESCRIPTION DU SITE

### 2.1 LOCALISATION

La propriété de MCI est localisée sur le territoire de la Ville de Contrecoeur (Québec), au 3900, route des Aciéries, le long de l'autoroute 30, entre la Montée Lapierre et la Montée de la Pomme d'Or. La propriété s'étend vers le nord jusqu'au fleuve Saint-Laurent. Une localisation générale du terrain de l'usine est présentée à la figure 1. Cette figure est tirée du rapport d'étude hydrogéologique de DDH.

Sur cette propriété, on retrouve différents bâtiments (entrepôt, aciérie, entretien et bureaux, entreposage des billettes, laminoir, ...) ainsi que différentes zones d'entreposage extérieures (ferrailles, poussières, scories, billettes, ...).

Le terrain projeté pour l'implantation du lieu d'élimination définitif se trouve aux alentours des cellules actuellement en opération, sur une partie boisée de la propriété.

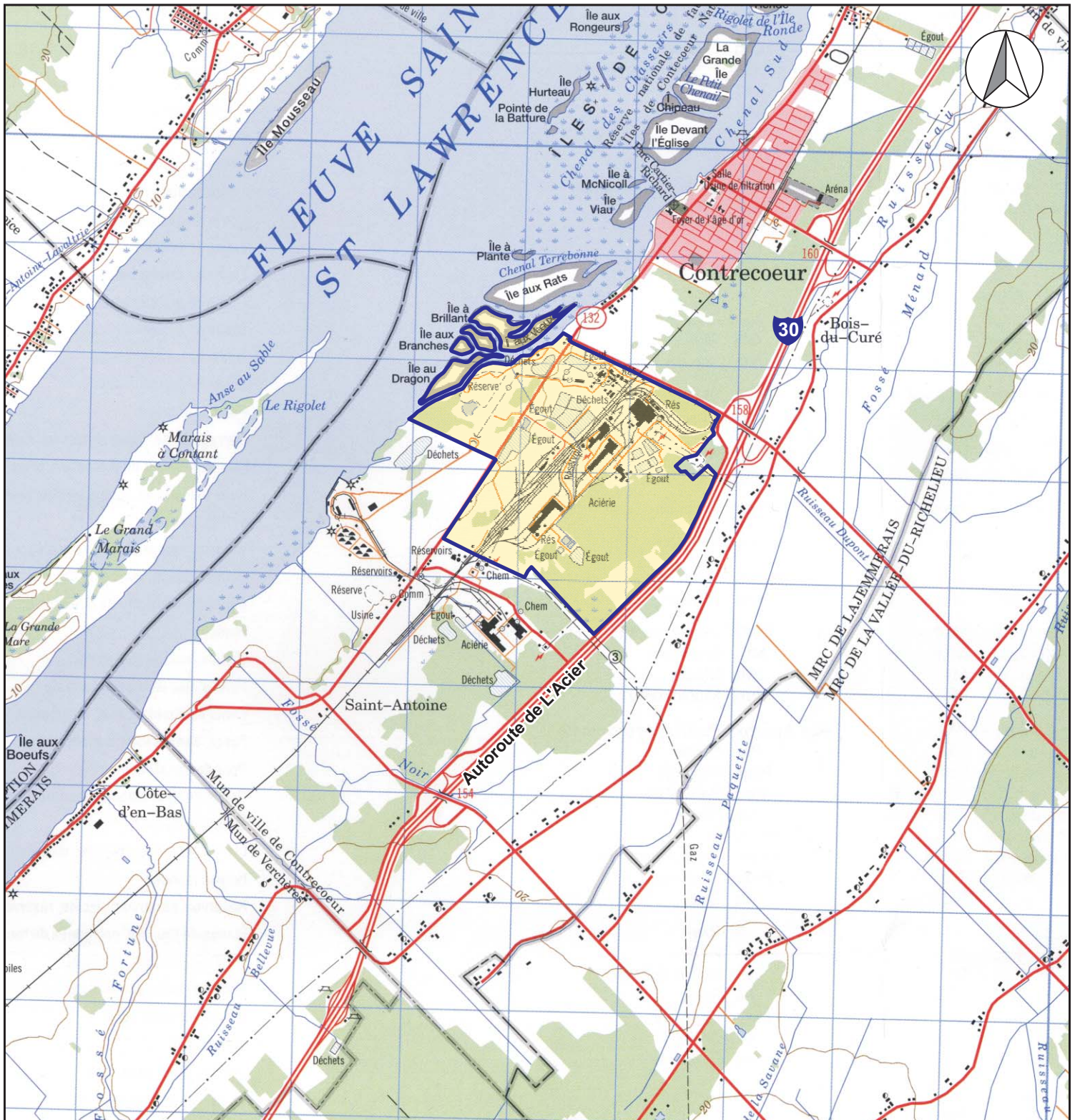
### 2.2 TOPOGRAPHIE ET DRAINAGE

Règle générale, la topographie du terrain est plane avec des élévations se situant entre 18,8 et 19,4 m.


Le drainage des eaux de ruissellement du secteur du site de dépôt se fait par plusieurs fossés de drainage. Ces eaux sont acheminées vers le fleuve, situé à environ 2 km. Le point de rejet de ce réseau de fossé est localisé à environ 3 km en amont de la prise d'eau de la Ville de Contrecoeur. Les prises d'eau de MCI et de MCCOI n'alimentent les usines qu'à des fins de production.

Le secteur sud de la propriété de MCI, principalement boisé, se draine vers le fossé de l'autoroute 30 lequel rejoint le ruisseau Laprade qui, à son tour, se déverse dans la rivière Richelieu.





**Légende**

 Mittal Canada inc. 3900, route des Acieries



Échelle approximative (1: 50 000)

Source : Ressources naturelles Canada (2002), Verchères 31H/14.

Préparé par : A.G.

Vérifié par : J.H.

N° Dossier :

Dessiné par : M.L.

Date : 07/12/2006

06-049 \ Étude d'impact \ F1-empl.cdr

**FIGURE 1**

**EMPLACEMENT DE MITTAL CANADA INC.**

**MCI - Complexe de Contrecoeur  
Étude d'impact - Dépôt définitif**



**DDH Environnement Itée**

505, boul. René-Lévesque Ouest  
8e étage, Montréal (Québec)

### 3. PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE

Le site de MCI a fait l'objet d'une étude géotechnique en 2001 dans le cadre d'une demande de certificat d'autorisation visant la restauration d'un site d'accumulation des poussières d'aciérage localisé en bordure de la route 132. Mentionnons également que des travaux de reconnaissance ont été réalisés sur la propriété de *Mittal Canada Contrecoeur-Ouest inc.* (MCCOI) dans le cadre d'une étude d'impact pour l'aménagement d'un dépôt définitif de poussières similaire.

Le programme de reconnaissance réalisé dans le cadre du projet de dépôt définitif a pris en compte les résultats de ces travaux antérieurs et visait à compléter l'information disponible. Le programme a été principalement axé sur les caractéristiques du dépôt d'argile naturelle puisque elles s'avèrent déterminantes pour la conception des cellules du lieu d'élimination définitif.

#### 3.1 ÉTUDE GÉOTECHNIQUE – LABORATOIRE D'EXPERTISE DE QUÉBEC LTÉE – SEPTEMBRE 2001

L'étude géotechnique réalisée par le *Laboratoire d'expertise de Québec Ltée* (LEQ) avait pour objectifs de vérifier la nature des sols en place, leurs propriétés physiques et mécaniques de même que de formuler des recommandations pour l'aménagement des cellules d'enfouissement du dépôt définitif.

Le programme de reconnaissance géotechnique réalisé sur les terrains directement adjacents au lieu de dépôt définitif projeté comprenait les travaux suivants :

- 13 tranchées d'exploration (P-1 à P-13) d'une profondeur variant entre 2 et 4 mètres;
- trois forages (FR-1, FR-2 et FR-3) de 15 mètres de profondeur avec échantillonnage à l'aide d'un carottier fendu à tous les 1,5 mètre et prise d'échantillons non remaniés à l'aide de tubes Shelby;
- trois essais de cisaillement à l'état non drainé effectués au scissomètre Nilcon à une distance de 1,5 mètre des forages;
- quatre analyses granulométriques par tamisage;
- cinq analyses granulométriques par sédimentométrie;
- 12 teneurs naturelles en eau;
- neuf limites de liquidité et de plasticité;
- trois essais de consolidation en cellule oedométrique.

L'étude géotechnique réalisée par LEQ est présentée à l'annexe 2 de ce document.

#### 3.2 ÉTUDE COMPLÉMENTAIRE DE 2006

L'étude géotechnique réalisée en 2006 a permis de compléter la collecte des données sur l'argile naturelle. Ci-après sont décrits sommairement les essais réalisés sur le terrain et en laboratoire.

### **3.2.1 Travaux de terrain**

- un forage de 32,62 mètres de profondeur atteignant le till et aménagé en puits d'observation de l'eau souterraine (K-1-TP);
- prélèvement de 18 échantillons remaniés au carottier fendu avec mesure de l'indice de pénétration standard;
- prélèvement de cinq échantillons intacts à l'aide de tubes Shelby.

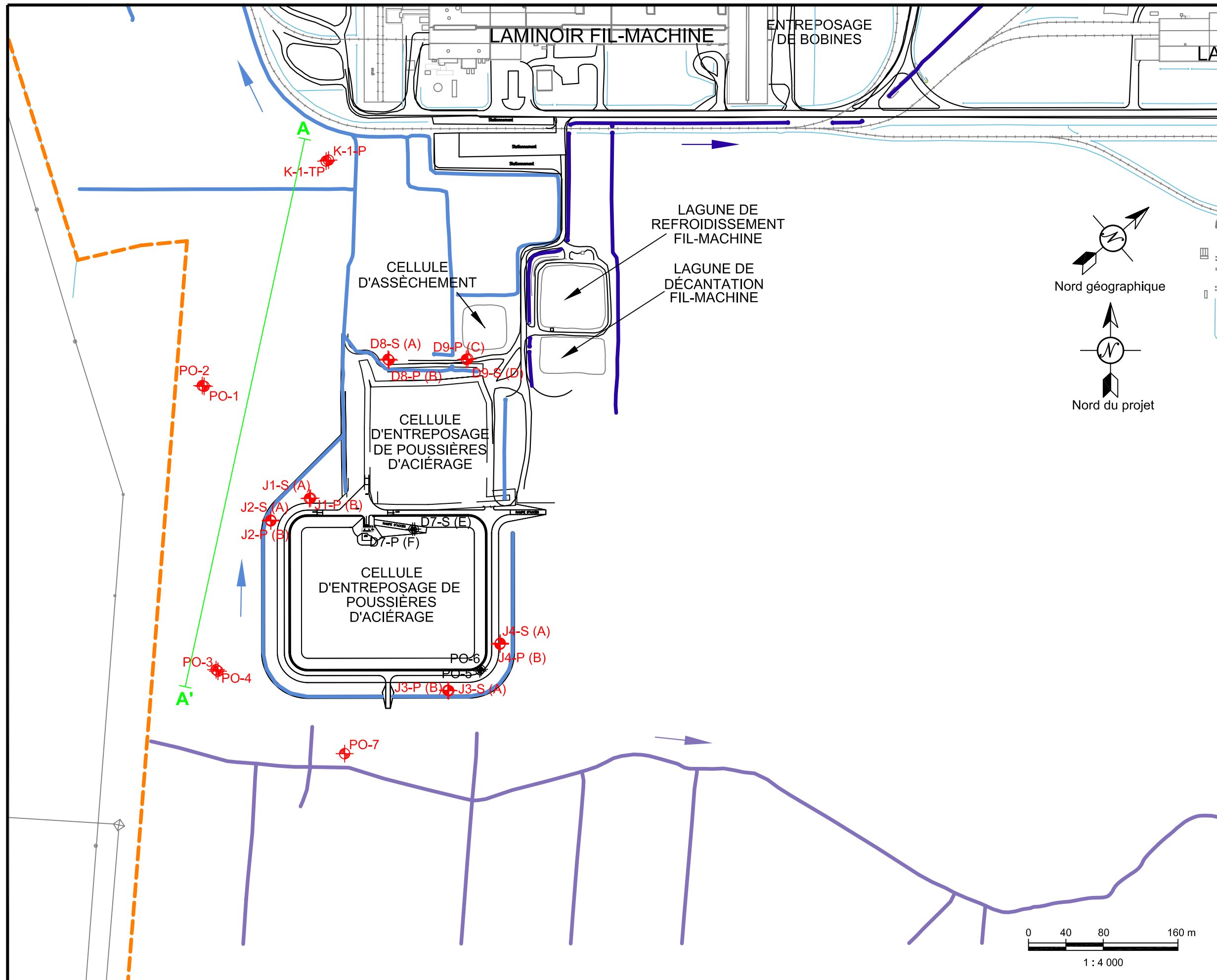
La figure 2 présente la position des différents puits d'observation et essais scissométriques réalisés. Cette carte provient du rapport d'étude hydrogéologique de DDH.

### **3.2.2 Essais en laboratoire**

Chacun des cinq échantillons intacts d'argile prélevés dans des tubes à parois minces a été soumis en laboratoire aux essais suivants :

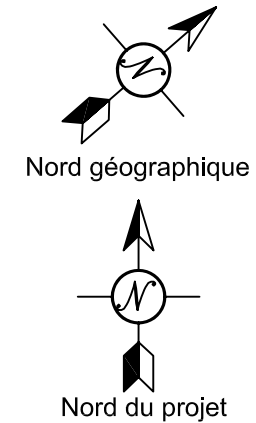
- description visuelle et détubage;
- teneur en eau naturelle;
- limites de plasticité et de liquidité;
- résistance au cisaillement au cône suédois

Un essai de consolidation en cellule oedométrique avec mesure de la conductivité hydraulique a également été réalisé sur un échantillon prélevé à 9,1 mètres de profondeur.

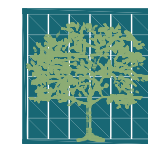


**Légende**

- Limite de propriété
- Drainage du secteur ouest
- Drainage du secteur est
- Drainage du secteur sud
- Drainage général
- Puits d'observation
- Puits d'observation (détruit)
- Coupe stratigraphique



Source : - Benoît Pélouquin, arpenteur géomètre (10 sept. 1998). Certificat de localisation, Propriété Ispat-Sidbec, Cadastre. Dessins 10-3100-11-046.dwg et 10-3100-11-045.dwg.  
 - Gendron Lefebvre et associés, arpenteurs-géomètres (Décembre 1996). Levées topographiques, dessins 10-3100-11-032-01 à 10-3100-11-041-01.dwg  
 - Ispat-Sidbec (2006-07-18). Attestation d'assainissement, plan d'aménagement. Dessin 10-3001-11-026.dwg.  
 - Michel Dansereau, arpenteur-géomètre (29 juin 2001). Minute 01-3108. Dessin 10-3200-11-019.dwg.  
 - Gratien Busque, arpenteur-gomètre (19 oct. 2006). Dessin 1822GM.dwg.



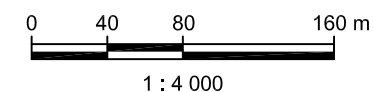
**DDH Environnement ltée**  
 505, boul. René-Lévesque Ouest  
 8e étage, Montréal (Québec)

**MITTAL**

**FIGURE 2  
 EMPLACEMENT DES SONDAGES ET DE  
 LA COUPE STRATIGRAPHIQUE**

**MCI - Complexe de Contrecoeur - Étude d'impact  
 Étude hydrogéologique et géotechnique**

|   |                      |                      |
|---|----------------------|----------------------|
| Préparée par : A.G.                     | Approuvée par : J.H. | Feuille no.<br>1 / 1 |
| Dessinée par : M.L.                     | No Projet : 06-049   |                      |
| Date : 15/12/2006                       |                      |                      |
| Échelle : 1 : 4 000                     |                      |                      |
| Document : Mittal-plan-géoréférencé.dwg |                      |                      |



## 4. GÉOLOGIE RÉGIONALE

### 4.1 SOCLE ROCHEUX

Les formations de roches dans la région de Contrecoeur appartiennent au Groupe de Lorraine et plus précisément à la Formation de Pontgravé. Elles sont essentiellement composées de shales et calcaires selon Globensky (1985).

### 4.2 DÉPÔTS MEUBLES

L'épaisseur des dépôts meubles dans la région à l'étude est importante. 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 associée aux hautes terrasses d'origine glaciaire.

Par endroits, le secteur à l'étude présente en surface des zones mal drainées en raison 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 avec silt et gravier à un silt sablonneux. Ce till repose directement sur le socle rocheux.

## 5. STRATIGRAPHIE LOCALE

Le sol du site est constitué de trois (3) horizons géologiques. Il s'agit, en surface, d'une couche de sable brun silteux d'environ un mètre d'épaisseur.

L'horizon intermédiaire est constitué d'une couche d'argile de la mer de Champlain d'une épaisseur de l'ordre de 30 mètres. Il s'agit d'une argile grise silteuse et molle, inorganique, très plastique et à toutes fins pratiques imperméable.

Le dernier horizon situé juste au-dessus du roc est un till de fond d'une épaisseur de l'ordre de trois à cinq mètres. Ce till de fond est très dense et comporte du silt, du sable, du gravier et des pierres. Finalement, on retrouve le roc à une profondeur de l'ordre de 35 mètres.

De façon plus spécifique, la stratigraphie rencontrée au niveau du terrain projeté pour l'aménagement du dépôt définitif se compose des horizons distincts suivants :

- terre végétale sur une épaisseur d'environ 0,1 à 0,15 m;
- sable fin à moyen, brun, contenant des traces à un peu de silt et de gravier. Occasionnellement, le sable fait place à un silt sableux. L'épaisseur de cet horizon varie entre 0,75 et 2,05 m avec une moyenne de 1,63 m;
- argile silteuse brune à grise. La consistance de l'argile passe de raide en surface à molle plus en profondeur. Des minces lites de silt ainsi que de sable ont été observés à différentes profondeurs. L'épaisseur de cet horizon atteint 28,34 m au niveau du forage K-1-TP. Les analyses granulométriques indiquent qu'elle est constituée d'environ 60 à 68 % d'argile et de 28 à 37 % de silt avec une faible proportion (1 à 3 % environ) de sable;
- till composé de silt sableux avec un peu de gravier et des traces d'argile. Son épaisseur serait de l'ordre de 4 à 5 m selon les informations recueillies sur la propriété voisine.
- socle rocheux.

Les rapports de sondage sont présentés à l'annexe 1 et dans le rapport de LEQ à l'annexe 2.

## 6. CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

L'ensemble des données hydrogéologiques compilées lors d'études antérieures démontre l'existence d'un aquifère à nappe libre discontinu dans la couche de sable de surface ainsi que d'un aquifère confiné situé dans l'horizon de till. L'horizon argileux constitue un aquitard.

Le niveau piézométrique de la nappe du till observé dans le nouveau puits d'observation est de l'ordre de sept (7) mètres sous le niveau du terrain naturel, alors que la couche de till se trouve à une profondeur de l'ordre de 30 m.

Enfin, l'eau souterraine circulant dans le till s'écoule vraisemblablement vers le fleuve St-Laurent.

## 7. RÉSULTATS

### 7.1 SABLE DE SURFACE

Les résultats des analyses granulométriques sur le dépôt de sable silteux indiquent que sa composition est de 0,2 à 17,6 % de gravier, de 70,8 à 96,1 % de sable et de 2,9 à 11,4 % de silt.

### 7.2 ARGILE

Un sommaire des caractéristiques de l'argile mesurées en laboratoire est présenté au tableau 7.2.1 ci-après.

**Tableau 7.2.1 : Sommaire des caractéristiques de l'argile mesurées en laboratoire**

| DESCRIPTION   | Moy. | Min. | Max. |
|---|------|------|------|
| Teneur en eau naturelle (%) :                               | 67   | 37   | 72   |
| Limite de liquidité (%) :                                   | 61   | 48   | 68   |
| Limite de plasticité (%) :                                  | 25   | 19   | 28   |
| Indice de plasticité (%) :                                  | 36   | 14   | 46   |
| Indice de liquidité (s.d.) :                                | 1,21 | 0,6  | 1,4  |
| Poids volumique (kN/m <sup>3</sup> ) :                      | 15,9 | 15,6 | 16,5 |
| Classification (USC) :                                      | CH   |      |      |
| Résistance au cisaillement intact au cône suédois (KPa):    | 53   | 46   | 61   |
| Résistance au cisaillement remanié au cône suédois: (KPa) : | 6    | 6    | 6    |
| Sensibilité   | 9    | 8    | 10   |

Ces caractéristiques permettent de classer l'argile rencontrée dans la catégorie des argiles inorganiques de plasticité élevée. Il est également important de souligner que la teneur en eau moyenne de l'argile est supérieure à sa limite de liquidité.

Afin de déterminer *in situ* la résistance au cisaillement non drainé de la couche d'argile, trois profils scissométriques ont été réalisés à l'aide d'un scissomètre de type Nilcon à proximité des forages FR-1, FR-2 et FR-3 jusqu'à une profondeur approximative de 15 mètres.

Les profils sont présentés sur les rapports de forage et montrent un accroissement général 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. En tenant compte du facteur de correction de Bjerrum qui doit être appliqué, les valeurs de résistance au cisaillement non drainé sont comprises entre 35 et 57 kPa. Ces valeurs sont cohérentes avec celles obtenues au cône suédois pour des profondeurs supérieures à 15 mètres.



Les caractéristiques de compressibilité déterminées à partir des quatre (4) essais oedométriques donnent une pression de préconsolidation de 200 kPa et un indice de compression ( $C_c$ ) qui varie entre 1,1 et 1,7, ce qui peut être qualifié d'élevé.

## 8. RECOMMANDATIONS POUR LA CONCEPTION

### 8.1 STABILITÉ VIS-À-VIS DU SOULÈVEMENT

La stratigraphie, telle que présentée à la section 5, 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 le puits d'observation installé dans la couche de till se situe à environ sept (7) mètres de profondeur par rapport 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 moins sept (7) mètres. L'excavation des cellules dans le dépôt argileux doit en tenir compte et une épaisseur minimale d'argile dont le poids sera suffisant pour contrebalancer la poussée de la nappe du till doit être laissée en place.

Le calcul de soulèvement a été réalisé en utilisant la méthode en contraintes effectives proposée par Leonards (1968). Le calcul s'effectue avec la formule suivante :

$$H_s = \frac{P_w * H_w}{P'_{ar} + P_w F_s}$$

Avec :

$P_w$  : poids volumique de l'eau (9,81 kN/m<sup>3</sup>);

$H_w$  : charge hydraulique de la nappe du till par rapport à la base de la couche d'argile (25,37 m soit 2 m de plus que le niveau mesuré pour tenir compte des fluctuations saisonnières du niveau d'eau);

$P'_{ar}$  : poids volumique déjaugé de l'argile (6,1 kN/m<sup>3</sup>);

$F_s$  : facteur de sécurité (1,5);

$H_s$  : épaisseur minimale d'argile à laisser en place.

Le calcul indique que l'épaisseur minimale d'argile à laisser en place est de 17,94 m, ce qui correspond à une profondeur maximale d'excavation de 12,55 m par rapport au niveau actuel du terrain naturel. La profondeur d'excavation admissible est donc plus élevée que celles qui sont envisagées pour le projet. En effet, dans le cas du dépôt définitif, la profondeur d'excavation maximale des cellules ne dépassera pas 8 m.

### 8.2 STABILITÉ DES TALUS

#### 8.2.1 Géométrie des talus

Le remplissage du dépôt définitif s'effectuera par étapes. Le dépôt définitif comprend une partie en excavation qui pourra varier entre 4 et 8 m avec une pente de 3H : 1V et une partie en surélévation qui pourra atteindre 7 m avec une pente des talus périphériques de 30 % maximum.

À chaque étape de la construction et du remplissage des cellules, des conditions de stabilité particulières se présenteront. Les cas les plus critiques à considérer sont :

- les talus d'excavation périphériques de 8 m dans l'argile adjacents à une cellule existante remplie à pleine capacité;
- les talus périphériques à 5 mètres de hauteur de poussières;
- les talus du front de remplissage des poussières qui peut atteindre 10 mètres de hauteur.

### **8.2.2 Nature et caractéristiques mécaniques des sols et des poussières**

#### Nature et caractéristiques des sols

La détermination de la nature des sols ainsi que de leurs caractéristiques mécaniques a été complétée en s'appuyant sur l'ensemble des études et travaux de reconnaissance réalisés sur le site de MCI et en tenant compte des nombreux articles scientifiques publiés sur les argiles de l'Est du Canada.

La stratigraphie retenue pour les analyses de stabilité est la suivante :

**Tableau 8.2.2.1 : Stratigraphie**

| Profondeur (m) | Nature du sol     |
|----------------|-------------------|
| 0 à 2          | sable             |
| 2 à 15         | argile supérieure |
| 15 à 30        | argile inférieure |

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

**Tableau 8.2.2.2 : Caractéristiques mécaniques**

| Profondeur (m) | Nature du sol     | $\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> ) | Court terme      |           |
|----------------|-------------------|---------------------------------|------------------|-----------|
|                |                   |                                 | $\phi_u$ (degré) | $C_u$ kPa |
| 0 à 2          | sable             | 18                              | 30               | 0         |
| 2 à 15         | argile supérieure | 16                              | 0                | 34        |
| 15 à 30        | argile inférieure | 16                              | 0                | 34-53     |

avec :

- $\gamma_h$  = poids volumique humide (kN/m<sup>3</sup>)
- $\phi_u$  = angle de frottement interne à court terme (degré)
- $C_u$  = cohésion non drainée (kPa)

Nature et caractéristiques des poussières

Selon l'information fournie par MCI, les poussières d'aciérie ont une masse volumique humide pouvant varier entre 0,85 et 1,13 T/m<sup>3</sup>.

Pour les calculs de stabilité, la masse volumique humide la plus élevée a été considérée, ce qui est une approche conservatrice.

| Nature du sol | $\gamma_h$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Court terme        |           |
|---------------|------------------------------------|--------------------|-----------|
|               |                                    | $\phi'$<br>(degré) | C'<br>kPa |
| Poussières    | 11,3                               | 30                 | 0         |

avec :

- $\gamma_h$  = poids volumique humide (kN/m<sup>3</sup>)
- $\phi'$  = angle de frottement interne à court terme (degré)
- C' = cohésion non drainée (kPa)

### 8.2.3 Méthodes de calcul et résultats

Les calculs de stabilité ont été réalisés à l'aide du logiciel Slide de Roc-Science (version 5.0).

L'analyse est réalisée en utilisant la méthode de Bishop simplifiée et en considérant des surfaces de rupture circulaires. Les conditions les plus critiques vis-à-vis de la stabilité d'ensemble correspondront aux conditions à court terme.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 8.2.3.1 ci-après.

**Tableau 8.2.3.1 : Coefficients de sécurité**

| Type de talus                | Hauteur   | Facteur de sécurité |
|------------------------------|-----------|---------------------|
| Talus d'excavation           | 8 mètres  | 1,95                |
| Talus périphérique           | 5 mètres  | 1,92                |
| Talus du front de poussières | 10 mètres | 1,74                |

La valeur minimale du coefficient de sécurité requise pour ces types de talus est de 1,5. Les valeurs obtenues sont supérieures au minimum requis. La stabilité des ouvrages est ainsi garantie dans les conditions considérées.

## 8.3 TASSEMENTS

La conception des cellules du dépôt définitif doit tenir compte des tassements qui peuvent être engendrés dans la couche d'argile par la surcharge appliquée par les poussières d'aciérage.

Quatre (4) essais de consolidation oedométrique ont été réalisés et ont permis de déterminer les caractéristiques de compressibilité de l'argile naturelle. Les résultats de ces essais indiquent que la contrainte de préconsolidation de l'argile est de 200 kPa alors que l'indice de compression varie entre 1,1 et 1,7. Ce résultat indique que le dépôt d'argile est surconsolidé d'environ

120 kPa. En d'autres mots, il est possible d'ajouter une surcharge de 120 kPa sur le terrain naturel avant d'atteindre l'état normalement consolidé.

Le calcul de tassement a été réalisé en considérant une profondeur d'excavation variant entre quatre (4) et huit (8) mètres et une surélévation maximale des résidus de sept (7) mètres par rapport au terrain naturel. Le calcul indique que la surcharge appliquée à ces deux points par la mise en remblai des poussières d'aciérage est inférieure à la contrainte de préconsolidation. Le tassement anticipé est de l'ordre de 0,1 mètre. Le tableau 8.3.1 ci-après résume les hypothèses et les résultats.

**Tableau 8.3.1 : Calcul du tassement sous les cellules d'enfouissement**

|  | <b>4 mètres<br/>de profondeur</b> | <b>8 mètres<br/>de profondeur</b> |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Épaisseur de matériaux granulaires au-dessus de l'argile (m)   | 2,15                              | 2,15                              |
| Niveau d'eau par rapport au terrain naturel (m)                | 2,15                              | 2,15                              |
| Poids volumique des matériaux granulaires (kN/m <sup>3</sup> ) | 17                                | 17                                |
| Poids volumique de l'argile (kN/m <sup>3</sup> )               | 15,9                              | 15,9                              |
| Poids volumique des poussières d'aciérage (kN/m <sup>3</sup> ) | 12                                | 12                                |
| Contrainte verticale effective (kPa)                           | 48                                | 72                                |
| Surcharge appliquée par la cellule (kPa)                       | 95                                | 119                               |
| Indice de recompression  | 0,025                             | 0,025                             |
| Épaisseur de la couche d'argile (m)                            | 26                                | 22                                |
| Tassement (m)  | 0,12                              | 0,10                              |

#### **8.4 RÉUTILISATION DE L'ARGILE EXCAVÉE**

La teneur en eau moyenne mesurée dans l'argile est supérieure à la limite de liquidité. De plus, la perte de résistance au cisaillement engendrée par le remaniement de l'argile devra être prise en compte pour les travaux de mise en remblai. Les teneurs en eau de l'argile devront donc être abaissées pour permettre sa mise en remblai et en assurer la stabilité.

## 9. CONCLUSIONS

Les travaux d'investigation géotechnique et les calculs réalisés pour l'implantation du dépôt définitif de poussières d'aciérage ont permis d'établir que :

- la stratigraphie du site est composée des unités suivantes :
  - une couche de terre végétale discontinue de 10 à 15 cm d'épaisseur;
  - une couche de sable d'environ 1,6 m d'épaisseur;
  - un horizon d'argile silteuse d'une épaisseur de l'ordre de 30 m;
  - une couche de till de fond d'une épaisseur de 4 à 5 m;
  - le socle rocheux;
- on retrouve un aquifère dans la couche de sable en surface ainsi que dans le till;
- la profondeur maximale d'excavation ne doit pas dépasser 12,55 mètres afin de maintenir un facteur de sécurité de 1,5 face au soulèvement du fond d'excavation;
- la surcharge appliquée par les cellules du dépôt définitif engendrera des tassements inférieurs à 0,1 mètre;
- les facteurs de sécurité obtenus pour les différentes géométries étudiées sont supérieurs au minimum requis. La stabilité des ouvrages est ainsi garantie dans les conditions considérées;
- la teneur en eau supérieure à la limite de liquidité et la sensibilité au remaniement devront être prises en compte pour utiliser l'argile excavée.

## **ANNEXE 1**

### **Résultats des travaux d'investigation et des essais de laboratoire réalisés en 2006**





## **ANNEXE 2**

**Étude géotechnique  
Laboratoire d'Expertise du Québec (2001)**



## **ANNEXE 3**

### **Analyses de stabilité**

