

deposé au MENV  
le 23 mars 02

ISPAT SIDBEC INC.

**ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE  
CELLULE D'ENFOUISSEMENT DES  
POUSSIÈRES D'ACIÉRAGE**

---

**RAPPORT**

MARS 2002

**ROCHE**

N/Réf. : 21996-001

3075, ch. des Quatre-Bourgeois  
Sainte-Foy (Québec) G1W 4Y4  
Téléphone :  
(418) 654-9600  
Télécopieur :  
(418) 654-9699

d

## TABLE DES MATIÈRES

---

TABLE DES MATIÈRES .....	II
LISTE DES TABLEAUX.....	III
1. INTRODUCTION.....	1
2. LOCALISATION ET DESCRIPTION DU SITE.....	2
3. TRAVAUX RÉALISÉS.....	3
3.1 Forages et aménagement des puits d'observation .....	3
3.2 Essais de perméabilité .....	5
3.3 Localisation et nivellement des travaux .....	6
4. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS .....	7
4.1 Stratigraphie .....	7
4.2 Hydrogéologie .....	7
4.2.1 Conductivité hydraulique des argiles .....	7
4.2.2 Piézométrie .....	8
4.2.3 Gradients hydrauliques verticaux .....	10
4.2.4 Vitesse d'écoulement de l'eau souterraine .....	10
4.2.5 Classification de l'eau souterraine.....	11
5. CONCLUSION.....	13

### ANNEXES

Annexe I	Figure 1 Localisation des puits d'observation et carte piézométrique
Annexe II	Rapports de forages et d'installation des puits
Annexe III	Fiches des essais hydrauliques

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1	Conductivité hydraulique du massif argileux .....	8
Tableau 2	Relevé de niveaux d'eau (12 juillet 2001).....	9

## 1. INTRODUCTION

---

ISPAT-SIDBEC a mandaté la firme Roche Itée, Groupe-conseil (Roche) pour la préparation d'une demande de certificat d'autorisation (C.A.) dans le cadre de la mise en place d'une cellule d'enfouissement de type sécurité maximale.

Cette étude hydrogéologique préliminaire présente, entre autre, les résultats suivants :

- conductivité hydraulique des sols de l'horizon d'argile à l'endroit de la future cellule;
- gradient hydraulique et vitesse d'écoulement; et
- direction de l'écoulement des eaux souterraines dans le secteur prévu pour la construction du parc à résidus.

La présente étude fait partie intégrante de la demande de C.A. présentée au ministère de l'Environnement du Québec.

La description stratigraphique des sols sous-jacents au parc à résidus miniers est traitée en détail dans l'étude géotechnique jointe à la demande de C.A.

Plus spécifiquement, les travaux, qui ont été réalisés par Roche ou sous sa supervision, comprennent les activités suivantes :

- sept (7) forages dans les dépôts meubles tous aménagés de puits d'observation et ce, dans quatre secteurs différents;
- trois essais de perméabilité (slugtests) *in situ* dans les puits d'observation profonds (15 mètres); et
- localisation et nivellement des puits par un arpenteur-géomètre.

Le présent rapport renferme les résultats et interprétations des travaux réalisés par Roche dans le cadre de cette étude hydrogéologique.

## **2. LOCALISATION ET DESCRIPTION DU SITE**

---

L'usine ISPAT SIDBEC est située dans les limites de la municipalité de Contrecoeur. Le terrain de l'usine est borné au nord-est par la Montée de la Pomme d'Or, au nord-ouest par le fleuve Saint-Laurent, au sud-ouest par l'usine Stelco et au sud-est par l'autoroute 30.

Le site projeté pour la construction de la cellule est localisé au sud-ouest de la propriété d'ISPAT tel qu'identifiée à la figure 1 (annexe I).

La propriété est relativement plane avec une légère pente vers le nord-ouest, soit en direction du Fleuve Saint-Laurent. La future cellule sera mise en place du côté sud-ouest et sud-est du site d'entreposage actuellement utilisé. En ce moment, le terrain à l'étude est partiellement boisé.

### 3. TRAVAUX RÉALISÉS

---

#### 3.1 FORAGES ET AMÉNAGEMENT DES PUIITS D'OBSERVATION

Sept forages ont été réalisés dans quatre secteurs différents du 18 au 20 juin 2001 en vue de l'aménagement des puits d'observation, dans le secteur proposé pour l'aménagement de la cellule. Trois de ces forages (PO-1, PO-3 et PO-5) ont atteint 15 mètres de profondeur alors que les quatre autres (PO-2, PO-4, PO-6 et PO-7) ont atteint 5 mètres de profondeur. Chacun des forages de 15 mètres a été jumelé à un forage 5 mètres. De plus, les forages de 15 mètres ont été installés à deux niveaux.

L'objectif des forages était de déterminer la stratigraphie et de mettre en place des puits d'observation de manière à mesurer *in situ* la conductivité hydraulique. En ce sens, les puits d'observation ont été installés directement en périphérie de la cellule proposée et correspondent aux emplacements suivants :

- les puits PO-1 et PO-2 sont situés à l'ouest, en amont hydraulique de la cellule proposée;
- les puits PO-3 et PO-4 sont situés au sud, en amont hydraulique de la cellule proposée; et
- les puits PO-5 et PO-6 sont situés à l'est, en amont hydraulique de la cellule proposée; et
- le puits PO-7 a été installé à environ 220 mètres en amont hydraulique du site actuel de disposition.

L'intervalle crépiné des puits de 5 mètres est de 3,05 m soit d'environ 2,3 à 5,3 mètres de profondeur alors que l'intervalle crépiné est de 6,10 m pour les puits de 15 mètres, soit localisé approximativement de 5,5 à 11,6 mètres de profondeur. Un piézomètre de type Casagrande a été installé à la base de chacun des forages de 15 mètres de manière à mesurer la charge hydraulique entre 14 et 14,5 mètres de profondeur. Les schémas précis de construction des puits sont disponibles à l'annexe II.

Tous les forages ont été réalisés au moyen d'une foreuse hydraulique montée sur chenilles.

La conception des puits profonds a fait l'objet d'une attention toute particulière afin de limiter tout apport d'eau provenant de la nappe libre s'écoulant dans l'horizon de sable. Plus précisément, une petite excavation des sols pulvérulents a été effectuée à l'endroit de chacun des forages de 15 mètres. Par la suite, un tube d'acier de 15 cm de diamètre et d'environ 4 mètres de longueur a été enfoncé par la pelle hydraulique à partir de la partie supérieure de la couche d'argile. Cette technique fait en sorte de limiter toute intrusion d'eau souterraine s'écoulant sur la couche d'argile étant donné que le tuyau est scellé dans le massif d'argile. Le tuyau d'acier a été, par la suite, remblayé dans sa partie supérieure avec les matériaux pulvérulents. Les tubes d'acier dépassent d'environ 30 cm le profil naturel du sol.

Les forages ont été effectués en enfonçant un tube d'acier de 12,7 cm de diamètre dont un trépan a été installé en bout de tige dans le tuyau d'acier de 15 cm de diamètre et en injectant de l'eau pour en extraire les sols. Cette technique a été utilisée compte tenu que les sols sont essentiellement composés d'argile et de façon à permettre un meilleur contrôle sur la construction du puits d'observation. Cette technique a été retenue compte tenu des très faibles conductivités hydrauliques devant être mesurer *in situ*.

Des prélèvements d'échantillons de sol ont été effectués lors des forages de 15 mètres de profondeur. La description détaillée des sols est présentée dans le rapport géotechnique du Laboratoire d'Expertise de Québec (LEQ), joint à la demande de C.A.

L'installation des puits d'observation a consisté en un assemblage de tuyaux en PVC ayant un diamètre intérieur de 50,8 mm au bout duquel une crépine en PVC de même diamètre a été installée. L'espace annulaire autour de la crépine a été remplie de sable de silice et a été scellé au sommet par un bouchon de ciment-bentonite sur une épaisseur d'environ 5,3 mètres pour les forages profonds et de 1,70 à 1,98 mètre pour les forages de 5 mètres.

Un tubage protecteur en PVC de 20 cm de diamètre et 1,50 mètre de longueur muni d'un couvercle cadenassé en aluminium a été installé par enfoncement à la surface du

sol à l'endroit de chacun des puits afin de protéger la partie hors sol du tuyau de PVC. La partie hors sol du tubage de PVC a une hauteur variant de 0,85 à 0,96 mètre.

Aucun échantillon d'eau n'a été effectué au cours de ce mandat.

Les rapports de forage inclus à l'annexe II présentent les détails des forages et de l'installation des puits d'observation.

### 3.2 ESSAIS DE PERMÉABILITÉ

Des essais de perméabilité *in situ* à niveau variable ascendant de type « slug test » ont été réalisés dans tous les puits d'observation de 15 mètres de profondeur en juillet 2001 dans le but d'évaluer la conductivité hydraulique dans le massif d'argile.

Dans un premier temps, suite au forage, des mesures en continu du niveau de l'eau souterraine ont été effectuées afin de déterminer le niveau statique de chacun des puits. Par la suite, les essais ont consisté en un prélèvement instantané d'un volume d'eau au moyen d'un échantillonneur à clapet et de la mesure de la récupération du niveau de l'eau souterraine vers son niveau statique en fonction du temps. Le volume d'eau qui a été retiré des puits d'observation est d'environ 1 litre.

Toutes les mesures de niveau d'eau lors des essais ont été prises au moyen d'un capteur à pression muni d'un système d'acquisition de données de type *Solinst Levelogger*. Un second système d'acquisition de donnée (*Barologger de Solinst*) a été utilisé afin de mesurer les variations de la pression atmosphérique permettant ainsi de compenser, en continu, l'impact des fluctuations de la pression atmosphérique sur les lectures du système d'acquisition de donnée. Ceci est d'autant plus important que la durée des essais était relativement longue.

Les données des essais de perméabilité sont présentées à l'annexe III et la présentation et la discussion des résultats se retrouvent à la section 4.2.1.



### 3.3 LOCALISATION ET NIVELLEMENT DES TRAVAUX

Les puits d'observation et les puits utilisés lors des essais de perméabilité ont été localisés par un levé d'arpentage (en X, Y, Z) à l'aide d'une station totale par la firme Michel Dansereau, arpenteur-géomètre de Contrecoeur. La précision en plan (X et Y) est selon les standards actuels pour une station totale alors que la précision en élévation (Z) est de 5 mm afin de favoriser la précision pour la détermination du sens d'écoulement de l'eau souterraine et de la détermination du gradient hydraulique. Les élévations ont été déterminées à l'aide d'un niveau de précision.

Dans tous les cas, c'est le sommet du tube de PVC de 50,8 mm de diamètre des puits d'observation qui a été relevé.

Les puits sont localisés en plan sur la carte présentée à l'annexe I.

## 4. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

---

### 4.1 STRATIGRAPHIE

Compte tenu que le profil stratigraphique des sols est décrit en détail dans le rapport géotechnique de LEQ (Rapport 4350-57-01, septembre 2001), Roche soumet une description sommaire des sols rencontrés dans le cadre de ce mandat :

- mince couche de sol végétal d'environ 10 à 30 cm d'épaisseur;
- sous-jacent à la couche de sol végétal, un horizon de sol composé de sable fin à grossier brun à gris avec traces à un peu de silt et de gravier d'une épaisseur variant de 0,95 à 1,3 mètre d'épaisseur a été retrouvé;
- finalement, une couche d'argile silteuse avec traces de sable fin a été retrouvée jusqu'à une profondeur de 15 mètres de profondeur.

### 4.2 HYDROGÉOLOGIE

#### 4.2.1 Conductivité hydraulique des argiles

La méthode d'interprétation des essais de perméabilité *in situ* qui a été retenue est celle de Bouwer et Rice (1976) en milieu confiné pour les puits d'observation crépinés dans le massif argileux. Le logiciel d'interprétation d'essais hydrauliques AQTESOLV (Duffield, 2001) a été utilisé pour faciliter l'interprétation des données. Pour l'ensemble des essais, la méthode du graphique des vitesses a été utilisée pour vérifier le scellement hydraulique des puits et pour détecter des courts-circuits hydrauliques dans le roc, tel que recommandé par Chapuis (1999).

Les données brutes des essais, les graphiques de vitesse permettant d'appliquer une correction à la charge hydraulique mesurée et les graphiques montrant l'ajustement des courbes (sur les valeurs des charges hydrauliques corrigées) selon la méthode d'interprétation utilisée, sont présentés à l'annexe III. Les résultats des essais sont résumés au tableau 1.

La conductivité hydraulique de l'argile calculée à partir des essais hydrauliques des puits de 15 mètres varie de 1,2 à  $1,6 \times 10^{-7}$  cm/s.

**Tableau 1** Conductivité hydraulique du massif argileux

Identification du puits d'observation	Conductivité hydraulique (cm/s)
PO-1	$1,2 \times 10^{-7}$
PO-3	$1,3 \times 10^{-7}$
PO-5	$1,6 \times 10^{-7}$

#### 4.2.2 Piézométrie

Les niveaux piézométriques mesurés le 12 juillet à l'endroit de chacun des puits peu profonds ont été utilisés pour produire la carte piézométrique de la nappe libre (nappe de surface). Ces niveaux sont représentatifs de la période à laquelle ils ont été mesurés. L'élévation des niveaux d'eau souterraine pour l'ensemble des puits en date du 12 juillet 2001 est présentée au tableau 2.

En général, la nappe d'eau souterraine a été mesurée à environ un mètre sous la surface du sol.

Le gradient hydraulique horizontal varie de 0,005 à 0,006 m/m. La direction d'écoulement est radiale et se fait en direction de la cellule en opération. Roche attribue ce patron d'écoulement à la présence du système de drainage du site actuel composé de fossés. Ces fossés sont partiellement construits dans l'unité d'argile. L'impact du système de drainage sur la nappe phréatique se traduit par un effet de puits ce qui a pour effet d'amplifier le gradient hydraulique dans le secteur de la cellule actuelle. L'eau souterraine, en périphérie de la cellule actuelle, a tendance à se déplacer vers le secteur drainé.

**TABLEAU 2**

Relevé de niveaux d'eau (12 juillet 2001)

Puits	Coordonnées <sup>(1)</sup>		Profondeur eau p/r tubage (m)	Profondeur eau p/r sol (m)	Élévation tubage PVC (m)	Élévation protecteur (m)	Élévation sol (m)	Élévation eau souterraine (m)
	X	Y						
PO-1	1349.940	1121.032	1.745	0.641	19.604	19.655	18.500	17.859
PO-1C	1349.940	1121.032	2.395	1.313	19.582	19.655	18.500	17.187
PO-2	1352.017	1120.570	1.420	0.351	19.569	19.621	18.500	18.149
PO-3	1290.583	1418.683	1.850	0.828	20.022	20.083	19.000	18.172
PO-3C	1290.583	1418.683	2.380	1.406	19.974	20.083	19.000	17.594
PO-4	1288.378	1419.981	1.570	0.597	19.973	20.010	19.000	18.403
PO-5	1011.270	1375.671	1.980	1.237	20.243	20.297	19.500	18.263
PO-5C	1011.270	1375.671	2.525	1.796	20.229	20.297	19.500	17.704
PO-6	1010.008	1373.796	1.900	1.010	20.390	20.418	19.500	18.490
PO-7	1140.795	1486.278	1.355	0.429	19.776	19.837	18.850	18.421
D-7-S (E)	1105.693	1236.945	3.335 <sup>(2)</sup>	N/A	20.288	20.296	19.000	N/A
D-7-P (F)	1103.488	1236.525	3.350	2.111	20.239	20.201	19.000	16.889
D-8-S (A)	1159.345	1063.066	2.680	3.194	19.386	19.559	19.900	16.706
D-8-P (B)	1158.033	1063.853	2.380	2.877	19.403	19.424	19.900	17.023
D-9-S (D)	1075.228	1047.930	2.050	1.302	20.648	20.837	19.900	18.598
D-9-P (C)	1076.776	1048.534	2.252	1.425	20.727	20.863	19.900	18.475

**Notes:**

(1) Le système de coordonnée est propre au site et ne correspond à aucun datum.

(2) Puits à sec

N/A: Non applicable

#### 4.2.3 Gradients hydrauliques verticaux

La conception des puits d'observation nous a permis de mettre en évidence les gradients verticaux à l'endroit de chacun des nids de puits. Pour ce faire, nous avons mesuré les niveaux piézométriques des piézomètres de type Casagrande qui ont été installés dans la partie inférieure des forages de 15 mètres et les niveaux piézométriques des puits d'observation de 5 mètres de profondeur qui ont été mis en place à quelques mètres de distance. Le gradient vertical se calcule en mesurant la différence des niveaux d'eau mesurés pour chacun des puits et en divisant cette différence par la distance verticale séparant les deux points de mesures.

Les résultats des gradients hydrauliques verticaux varient de 0,087 à 0,117 m/m et nous indiquent en direction descendante, c.-à-d. qu'il n'existe pas de pression artésienne dans ce secteur et que l'eau souterraine présente dans le massif argileux a tendance à se déplacer gravitairement vers la partie inférieure de l'horizon d'argile.

Le gradient hydraulique vertical est d'environ 15 à 20 fois plus important que le gradient hydraulique horizontal.

#### 4.2.4 Vitesse d'écoulement de l'eau souterraine

La vitesse d'écoulement moyenne de l'eau souterraine dans l'unité d'argile silteuse peut être déterminée sur la base des gradients hydrauliques moyens mesurés *in situ* et de la conductivité hydraulique maximale obtenue lors des essais hydrauliques *in situ* ( $1,6 \times 10^{-7}$  cm/s).

La vitesse d'écoulement de l'eau souterraine dans l'unité est calculée comme suit :

$$v = \frac{K i}{n_e}$$

où  $v$  = vitesse (m/s),  $K$  est la conductivité hydraulique (m/s),  $i$  est le gradient hydraulique (m/m) et  $n_e$  est la porosité efficace. Roche a retenu une porosité de l'ordre de 0,05 (Y.-J. Yeh *et al.*, Ground water, vol. 38, n° 4, p. 522-529, juillet-août 2000) pour une argile saturée sous l'influence de faibles gradients hydrauliques.

La vitesse horizontale calculée serait de l'ordre de  $1,6 \times 10^{-10}$  m/s, soit d'environ  $5,1 \times 10^{-3}$  m/a alors que la vitesse verticale est  $3,2 \times 10^{-9}$  m/s ou 0,1 m/a.

#### 4.2.5 Classification de l'eau souterraine

Il existe un système de classification des eaux souterraines au Québec, lequel a été développé pour répondre aux besoins d'application de la procédure d'intervention sur les eaux souterraines, contenue dans la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (juin 1998). Ce guide<sup>1</sup> est basé sur certaines exigences quant à la quantité et à la qualité des eaux souterraines en regard des différents usages possibles. Ces usages englobent à la fois l'utilisation actuelle de l'eau souterraine, le potentiel d'utilisation de l'eau souterraine, et son lien avec le milieu récepteur (usage naturel de l'eau souterraine).

Cette classification vise donc à établir la valeur relative de l'eau souterraine et son statut de ressource, afin de définir le degré de protection qui doit lui être accordée. Le système de classification comporte trois classes, soit :

- Classe I : formation hydrogéologique aquifère qui constitue une source irremplaçable d'alimentation en eau (source unique d'alimentation en eau);
- Classe II : formation hydrogéologique aquifère qui constitue une source courante ou potentielle d'alimentation en eau (qualité acceptable et quantité suffisante); et
- Classe III : formation hydrogéologique qui, bien que saturée d'eau, ne peut constituer une source d'alimentation en eau (qualité médiocre, quantité insuffisante ou extraction non économique). Une formation hydrogéologique pourra être classée III, bien que saturée d'une eau de qualité acceptable et présentant des caractéristiques hydrauliques satisfaisantes, si l'eau qu'elle contient ne constitue pas et ne constituera pas une source d'approvisionnement en eau.

Le lien hydraulique avec les eaux de surface ou avec un milieu humide est un élément à considérer, peu importe la classe de la formation hydrogéologique considérée.

Deux formations hydrogéologiques distinctes existent sur le site, soit une mince couche de sable (environ 1 mètre) recouvrant un massif argileux d'une épaisseur d'au

---

1 Guide de classification des eaux souterraines du Québec, ministère de l'Environnement du Québec, février 1999.

moins 15 mètres. Compte tenu que la nappe phréatique se situe légèrement au-dessus du contact sable-argile, il n'est pas possible de considérer cette unité hydrostratigraphique comme étant potentiellement utilisable compte tenu des éléments suivants :

- Faible débit utilisable;
- Ce site est de zonage industriel lourd;
- La vulnérabilité de la nappe est particulièrement importante; et
- Les liens hydrauliques entre les deux unités hydrostratigraphiques sont considérés comme étant très faibles.

En raison des éléments présentés ci-haut, il ressort que la formation hydrogéologique en présence doit être considérée comme étant de **Classe III**.

## 5. CONCLUSION

---

Dans le cadre de cette étude hydrogéologique, les éléments suivants ont été mis en évidence :

- les conductivités hydrauliques moyennes de massif d'argile obtenues suite aux essais hydrauliques *in situ* varient de 1,2 à 1,6 x 10<sup>-7</sup> cm/s;
- le gradient hydraulique horizontal est de l'ordre de 0,005 m/m alors que le gradient hydraulique vertical est de 0,01 m/m;
- la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine dans le massif argileux est de l'ordre de 5 x 10<sup>-3</sup> mètre par année dans l'axe horizontal et de 0,1 mètre par année dans l'axe vertical;
- le niveau de la nappe d'eau souterraine était partout situé à environ un mètre de la surface du sol;
- la formation hydrogéologique présente est considérée comme étant de Classe III, selon le Guide de classification des eaux souterraines du Québec (1999), car l'eau souterraine qu'elle contient ne constitue pas et ne constituera pas une source d'approvisionnement en eau; et
- la couche d'argile est présente d'environ 1 mètre sous la surface de sol naturel jusqu'à une profondeur d'au moins 15 mètres.

Le site choisi par ISPAT SIDBEC rencontre les normes établies pour la mise en place d'une cellule de type sécurité maximale, soit d'obtenir une conductivité de 1 x 10<sup>-6</sup> cm/s sur une épaisseur d'au moins 6 mètres.



Carl Gauthier, ingénieur  
Hydrogéologue