

**PROJET D'IMPLANTATION D'UN CENTRE INTÉGRÉ DE
GESTION DE MATIÈRES RÉSIDUELLES
MRC ROUYN-NORANDA**

**VALIDATION ET COMMENTAIRES DE
L'ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE**

Diane Germain, Ph.D., M.Sc. ing.
Hydrogéochim Environnement inc.

et

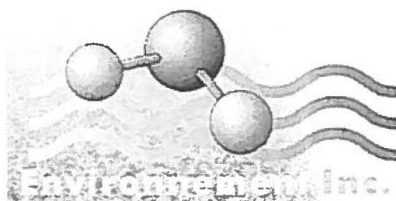
Sylvain Dallaire, ing.
Directeur Rouyn-Noranda
Léandre Gervais et Associé(e)s

Rapport présenté à

Pierre Mercier, président
CONSORTIUM MULTITECH-GSI ENVIRONNEMENT

Août 2001

Hydrogéochim



1184, avenue Cartier, bureau 1
Québec (Québec)
G1R 2S7

Tél.: 418.647.6814
Fax : 418.523.5539
diane.germain@hydrogeochem.qc.ca
<http://www.hydrogeochem.qc.ca>



**Léandre Gervais
& Associé(e)s**

139 Perreault Est, bureau 201
Rouyn-Noranda (Québec)
J9X 3C3

Tel : 819.797.3222
Fax : 819.762.6640
sdallaire@lga.ca
<http://www.lga.ca>

**PROJET D'IMPLANTATION D'UN CENTRE INTÉGRÉ DE
GESTION DE MATIÈRES RÉSIDUELLES
MRC ROUYN-NORANDA**

**VALIDATION ET COMMENTAIRES DE
L'ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE**

Diane Germain, Ph.D., M.Sc. ing.
Hydrogéochim Environnement inc.

et

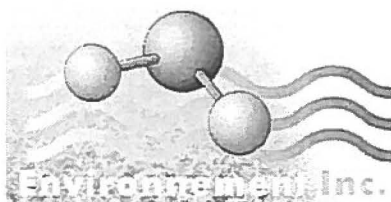
Sylvain Dallaire, ing.
Directeur Rouyn-Noranda
Léandre Gervais et Associé(e)s

Rapport présenté à

Pierre Mercier, président
CONSORTIUM MULTITECH-GSI ENVIRONNEMENT

Août 2001

Hydrogéochim



1184, avenue Cartier, bureau 1
Québec (Québec)
G1R 2S7

Tél.: 418.647.6814
Fax : 418.523.5539
diane.germain@hydrogeochem.qc.ca
<http://www.hydrogeochem.qc.ca>



**Léandre Gervais
& Associé(e)s**

139 Perreault Est, bureau 201
Rouyn-Noranda (Québec)
J9X 3C3

Tel : 819.797.3222
Fax : 819.762.6640
sdallaire@lga.ca
<http://www.lga.ca>

Table des matières

1.	Mise en situation et objectif.....	1
2.	Stratigraphie.....	2
3.	Conditions hydrogéologiques.....	7
3.1	Écoulements horizontaux et verticaux.....	7
3.1.1	Écoulements horizontaux.....	7
3.1.2	Écoulements verticaux.....	7
3.2	Conductivité hydraulique.....	9
3.2.1	Unité de till de fond.....	9
3.2.2	Unité de sable silteux.....	12
3.2.3	Unité d'argile.....	13
3.3	Vitesse d'écoulement.....	13
3.4	L'étanchéité du lieux d'enfouissement technique.....	13
3.5	L'aquifère.....	15
4.	Qualité des eaux.....	17
4.1	Eaux souterraines.....	17
4.2	Eaux de surface.....	20
5.	Autres commentaires.....	21
5.1	Puits d'observation – lanterne.....	21
5.2	Laboratoire d'analyse.....	21
6.	Conclusions.....	22
7.	Référence.....	23
8.	Appendice I. Calculs de la conductivité hydraulique.....	24
9.	Estimation du potentiel aquifère.....	33

Liste des figures

Figure 1. Couches isopaques d'argile.....	3
Figure 2. Localisation retenue pour les cellules, position des coupes et les courbes isopièzes – mai 2001.....	4
Figure 3. Coupe stratigraphique A-A'.....	5
Figure 4. Coupes stratigraphiques B-B' et C-C'.....	6
Figure 5. Coupe stratigraphique (section de la coupe A-A' – figure 3).	10

Liste des tableaux

Tableau 1. Gradients hydrauliques verticaux – juillet 2000.....	9
Tableau 2. Conductivités hydrauliques.....	11
Tableau 3. Temps de résidence des contaminants dans la couche d'argile avant d'atteindre l'aquifère pour deux scénarios.....	15
Tableau 4. Fraction de la lanterne dans l'unité d'argile.	19

Liste des appendices

Appendice 1. Calculs de la conductivité hydraulique.....	24
Appendice 2. Estimation du potentiel aquifère.....	33

1. MISE EN SITUATION ET OBJECTIF

Le Consortium Mutitech-GSI Environnement «Consortium» désire implanter un centre de gestion intégrée de matières résiduelles dans la MRC Rouyn-Noranda. Le consortium a mandaté GSI Environnement pour réaliser les études hydrogéologiques requises à la conception des aménagements du futur centre. Compte tenu de l'importance des aspects hydrogéologiques dans un tel projet, le consortium Multitech-GSI Environnement a mandaté Hydrogéochim Environnement et Léandre Gervais et Associé(e)s pour valider et commenter les études hydrogéologiques réalisées à ce jour.

Le principal objectif de cette étude est de valider les études hydrogéologiques et de présenter des commentaires sur l'ensemble des études.

Les études hydrogéologiques comprennent :

- Étude hydrogéologique des lots 55 à 58, 48-1 et 15 à 18 du Canton de Rouyn (GSI Environnement, 2000a) ;
- Addenda No. 2 (GSI Environnement, 2001) ;
- Autres documents présentés par le Consortium au ministre de l'Environnement ont également été consultés et seront commentés sur les aspects hydrogéologiques.

2. STRATIGRAPHIE

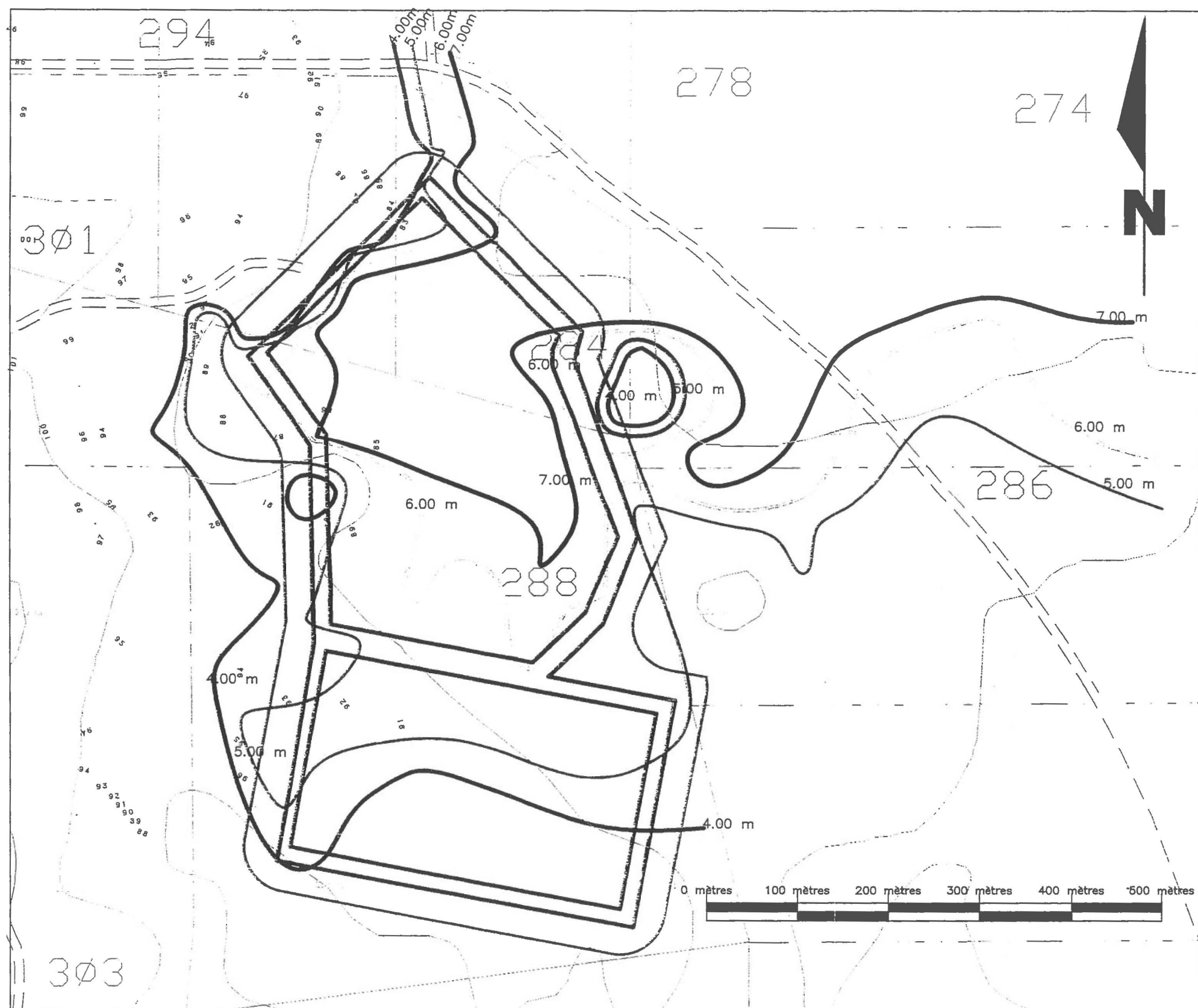
La stratigraphie a été bien définie sur l'ensemble du site par 76 puits d'exploration, 28 forages dont 9 jusqu'au socle rocheux. Les principales unités sont du bas vers le haut :

1. socle rocheux ;
2. till de fond ;
3. sable graveleux (uniquement dans la section ouest du site) ;
4. sable fin silteux à sable et silt interstratifié ;
5. argile varvée ;
6. terre végétale.

De plus, deux (2) levés géophysiques de type électromagnétique, en 1992 et 2001, ont confirmé la présence d'une crête rocheuse dans le secteur nord-ouest sud-est à moins de dix (10) mètres de la surface. Une épaisseur d'argile pouvant atteindre plus de vingt (20) mètres a ressorti à la hauteur du secteur nord-est du site.

Parmi ces unités, celle de l'argile est particulièrement importante de part sa faible conductivité hydraulique et son épaisseur. Le projet de règlement sur l'élimination des matières résiduelles requiert en effet une couche *naturelle homogène* ayant en permanence une conductivité hydraulique égale ou inférieure à 1E-6 cm/s sur une épaisseur minimale de six (6) mètres. Lorsqu'un site naturel ne présente pas les caractéristiques requises, le lieu d'enfouissement technique peut être aménagé par un système d'imperméabilisation à double niveau de protection.

La Figure 1 montre les couches isopaques d'argile. À la hauteur de la cellule #1, la couche d'argile passe à plus de six (6) mètres d'épaisseur sur près de 75 % de la surface. Seule une section au sud-ouest où l'épaisseur diminue graduellement pour atteindre cinq (5) mètres au milieu de la cellule #2. La figure 2 montre la localisation retenue pour les cellules, les puits d'observation, la position des coupes stratigraphiques et les courbes isopièzes de la couche de sable silteux - mai 2001. La couche de sable fin silteux, sous-jacente à celle d'argile, est présente sur l'ensemble du site et son épaisseur atteint plus de sept (7) mètres à la hauteur de la cellule #1 (Figures 3 et 4).



LÉGENDE

- Épaisseur d'argile
- 4.00 mètres
- 5.00 mètres
- 6.00 mètres
- 7.00 mètres

- contour des cellules appro.
- point de contrôle

Projet:

MRC de ROUYN-NORANDA
IMPLANTATION D'UN CIGMR
PHASE1 - LIEU D'ENFOUISSEMENT
SANITAIRE

des lots 55 à 58, 48-1 et 15 à 18
Canton De Rouyn

Titre:

Couche isopaques d'argiles

Approuvé: Pierre Mercier
Diane Germain

Dessiné:
Jean Paul Duchesne

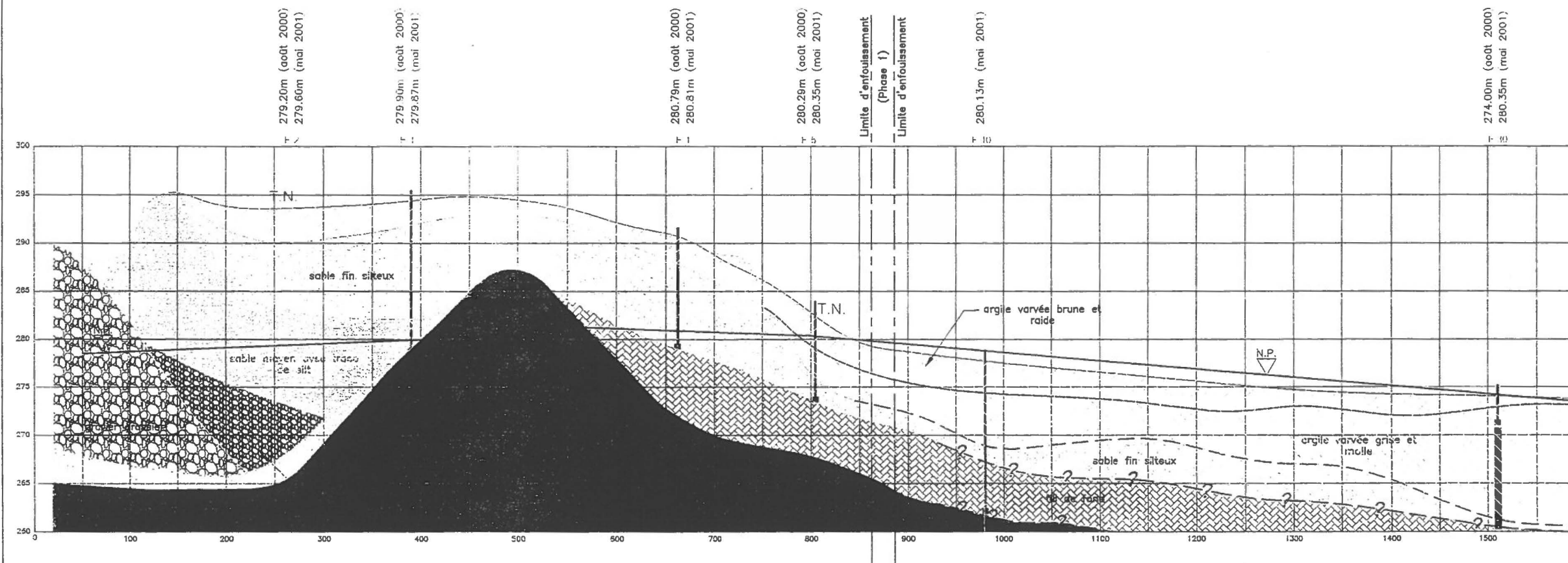
Date:
août 2001

Dossier:

Échelle:
Indiquée

No de dessin:

1



COUPE
 Echelle: H: 1=5000
 V: 1=500



LÉGENDE

N.P.
 Niveau piézométrique

Figure modifiée:

Ajouts dessinés par: J P
 Duchesne

Approuvés Par Diane
 Germain

août 2001

No.	Date	Description



Projet:

**MRC DE ROUYN-NORANDA
 IMPLANTATION D'UN CIGMR
 PHASE 1 - LIEU D'ENFOUISSEMENT SANITAIRE**

*des lots 55 à 58, 48-1 et 15 à 18
 Canton de Rouyn*

Titre:

**COUPE
 STRATIGRAPHIQUE
 A-A'**

Approuvé:

J.-C. Marron

Dessiné:

E. Demontigny

Date:

Juillet 2001

Dossier:

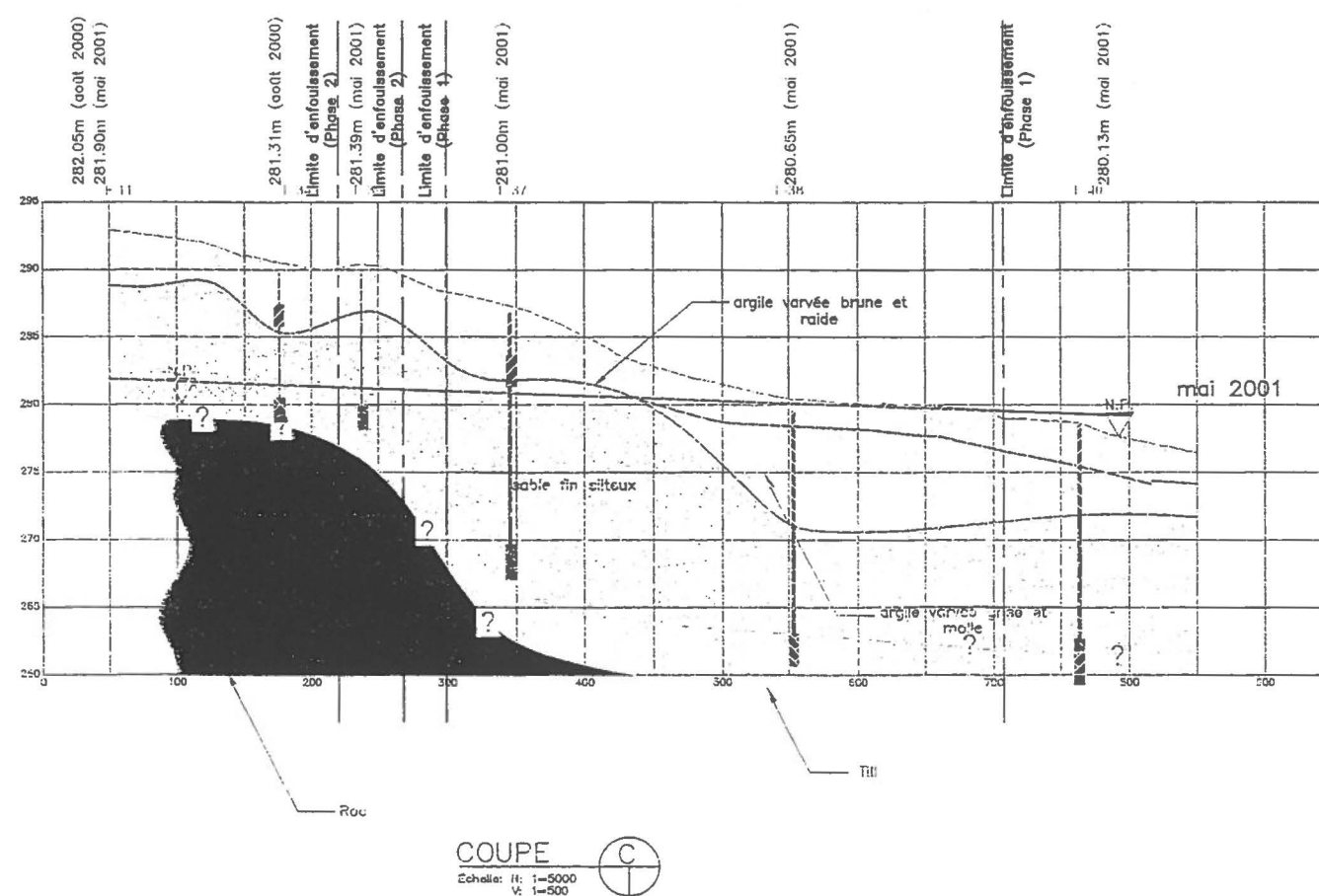
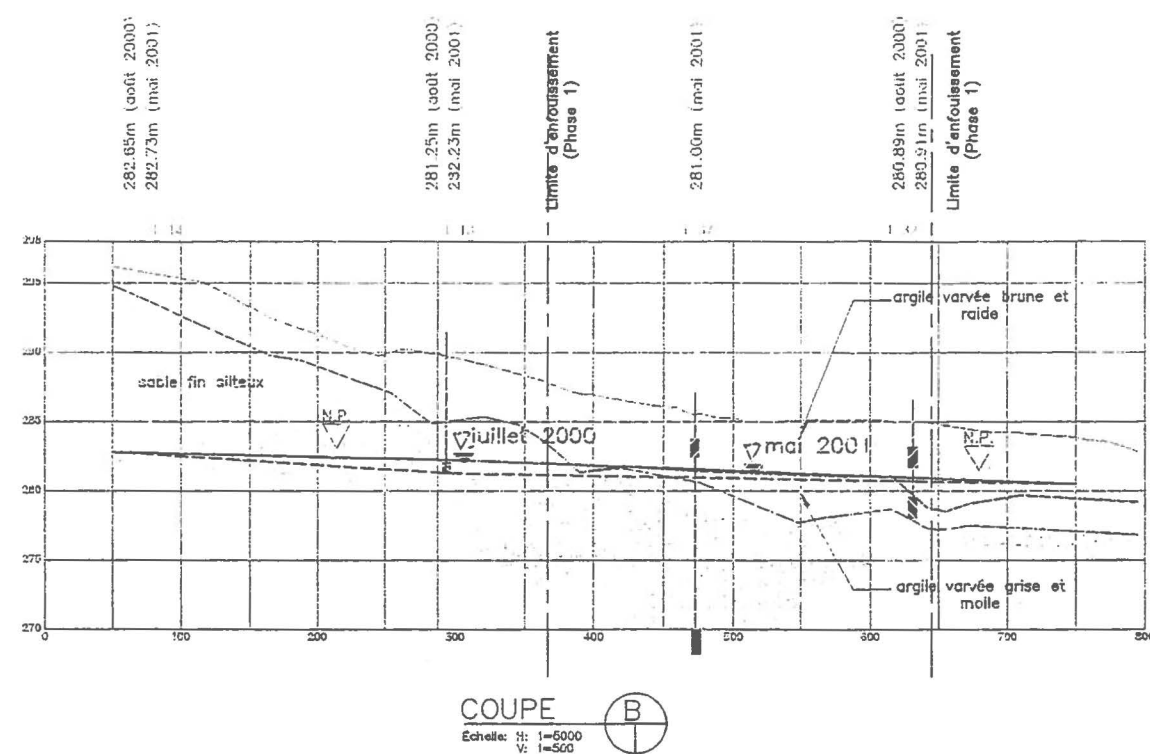
643-2419-151

Échelle:

indiquée

Figure:

3



LÉGENDE

N.P. Niveau piézométrique

Figure modifiée:

Ajouts dessinés par: J P
Duchesne

Approuvés par Diane Germain
août 2001

No.	Date	Description



Projet:

**MRC DE ROUYN-NORANDA
IMPLANTATION D'UN CIGMR
PHASE 1 - LIEU D'ENFOUISSEMENT SANITAIRE**

des lots 55 à 58, 48-1 et 15 à 18
Canton de Rouyn

Titre:

**COUPES
STRATIGRAPHIQUES
B-B' ET C-C'**

Approuvé:

J.-C. Marron

Dessiné:

E. Demontigny

Date:

Juillet 2001

Dossier:

643-2419-151

Échelle:

indiquée

Figure: 4

3. CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES

Les principales unités qui contrôlent l'écoulement de l'eau souterraine sont l'argile varvée et le sable silteux sous-jacent. De par sa faible perméabilité, l'argile confine la partie supérieure de l'aquifère de sable silteux. La recharge de l'aquifère s'effectue par infiltration de l'eau de surface au travers de la couche d'argile et d'une partie de la zone granulaire du lot 55.

3.1 Écoulements horizontaux et verticaux

Deux (2) relevés de niveau d'eau ont été effectués : juillet 2000 et mai 2001.

3.1.1 Écoulements horizontaux

Les figures 6.1 (GSI, 2000a) et 2 (Figure 3.1, GSI 2001) montrent les courbes isopièzes de la couche de sable silteux, ainsi que les piézomètres utilisés pour les relevés. Que ce soit en mai 2001 ou en juillet 2000, la distribution des charges hydrauliques est sensiblement la même, sauf à la hauteur de la crête rocheuse dans la partie ouest du site, où la charge est supérieure d'environ un (1) mètre en mai due à la fonte des neiges. La ligne de partage des eaux suit fidèlement la crête rocheuse et correspond à l'isopièze 282 m en juillet 2000 et à 283 m en mai 2001. Les eaux à l'est de cette ligne se déchargent dans la rivière Kinojévis, et à l'ouest vers la gravière Norascon et le lac à la Vase. L'écoulement dans l'aquifère sable silteux se dirige donc vers la rivière Kinojévis. Le gradient hydraulique moyen est de 0,004 en juillet 2000 et de 0,003 en mai 2001.

3.1.2 Écoulements verticaux

Des nids de piézomètres ont permis de déterminer les gradients hydrauliques verticaux. Le gradient hydraulique vertical est la différence entre la charge hydraulique entre deux (2) piézomètres par la distance verticale de ceux-ci. Dans le cas présent, le niveau d'eau observé à un piézomètre représente le niveau moyen des unités traversées par sa lanterne. Toutefois, dans les milieux poreux perméables confinés, la charge hydraulique peut être uniforme sur une distance donnée et l'écoulement y est essentiellement horizontal. Donc, la charge observée moyenne est représentative de celle située à l'interface argile/sable. Dans les

milieux peu perméables, l'écoulement se fait principalement vertical ; dans ce cas, la charge observée représente la charge moyenne du milieu poreux traversé par la lanterne. Donc, pour le calcul du gradient hydraulique vertical deux (2) cas de figures se présentent dépendamment si on prend la moyenne de la charge hydraulique de l'unité perméable ou non :

Cas #1. le niveau d'eau mesuré représente la charge moyenne de l'unité perméable traversée par la lanterne ;

Cas #2. le niveau d'eau mesuré représente la charge à l'interface argile/sable (on émet l'hypothèse que l'écoulement est essentiellement horizontal à la hauteur du milieu poreux perméable traversé par la lanterne).

Le Tableau 1 indique les élévations des charges hydrauliques observées en juillet 2000 et des lanternes, les gradients hydrauliques pour les deux (2) cas de figure et ceux calculés par GSI (GSI, 2000a). Note : Pour le puits F30 aucun calcul n'est présenté parce que la lanterne est nettement trop longue (13,5 m) pour que le résultat soit représentatif.

On observe que les gradients à la station F35 sont positifs et de l'ordre de 0,2 pour les deux (2) cas de figure investigués. L'écoulement est ascendant de l'aquifère sable silteux vers l'unité d'argile. Pour la station F30, bien que l'on ne puisse calculer le gradient, les charges observées indiquent aussi un écoulement ascendant.

Pour les piézomètres situés plus en amont, les gradients sont négatifs et varient entre -0,43 et -1,14 pour le Cas #1 et entre -0,69 et -1,60 pour le Cas #2. L'écoulement se dirige de la couche d'argile vers l'aquifère, ce qui permet une certaine recharge. Seul les gradients à F34 montrent des valeurs inférieures à -1. Une erreur peut être introduite puisque la crépine du piézomètre dans l'aquifère se situe dans la partie inférieure de la lanterne et non au centre de celle-ci.

La différence entre les gradients calculés et ceux présentés par GSI est due au calcul du ΔL . Celui utilisé par GSI est la différence d'élévation entre la base de la lanterne du piézomètre supérieur et le sommet de la lanterne du piézomètre

inférieur. Les lanternes des piézomètres les plus profonds ne se situent pas uniquement dans l'unité perméable du sable silteux. Seul la lanterne du piézomètre F34-1S est entièrement dans l'unité de sable, mais la crépine n'est pas centrée par rapport à la lanterne. Comme pour le Cas #2, ils émettent l'hypothèse que l'écoulement est essentiellement horizontal dans la section perméable traversée par la lanterne. Compte tenu que GSI prend le sommet de la lanterne et non le sommet de l'unité perméable, ceci conduit à surestimer le gradient. De plus, pour les piézomètres situés dans l'unité d'argile, on doit prendre le milieu de la lanterne et non la base puisque la charge hydraulique représente une moyenne. L'important toutefois est le sens de l'écoulement, et ce dernier se maintient indépendamment des cas de figure investigués.

Tableau 1. Gradients hydrauliques verticaux – juillet 2000.

Piézomètre	Nature des sols	H (m)	Lanterne haut (m) bas (m)	ΔH (m)	ΔL^1 (m)	ΔL^2 (m)	$\Delta H/\Delta L^1$ Cas 1	$\Delta H/\Delta L^2$ Cas 2	$\Delta H/\Delta L$ GSI
F30-1AS	argile/sable	274,00	267,19 259,69	0,75					1,00
F30-2A	argile	273,25	269,96 267,94						
F31-1AS	argile/sable	280,61	278,35 276,35	-1,59	3,70	2,30	-0,43	-0,69	-1,22
F31-2A	argile	282,20	281,65 279,65						
F32-1S	argile/sable	280,89	279,69 277,74	-2,5	3,10	2,40	-0,81	-1,04	-2,27
F32-2A	argile	283,39	282,79 280,79						
F34-1S	sable	281,31	283,66 280,66	-6,07	5,32	3,80	-1,14	-1,60	-2,21
F34-2A	argile	287,38	288,56 286,41						
F35-1AS	argile/sable	280,65	272,33 269,88	0,69	3,80	3,40	0,18	0,20	1,06
F35-2A	argile	279,96	275,53 272,98						
F35-1AS	argile/sable	280,65	272,33 269,88	1,09	7,00	6,58	0,16	0,17	0,28
F35-3A	argile	279,56	278,43 276,28						

3.2 Conductivité hydraulique

3.2.1 Unité de till de fond

Un essai de conductivité hydraulique a été effectué in situ à charge ascendante de type Lefranc dans le piézomètre F8 (voir Figure 5 pour position de la lanterne). La conductivité est de l'ordre de $3,0E-5$ cm/s (Tableau 2).

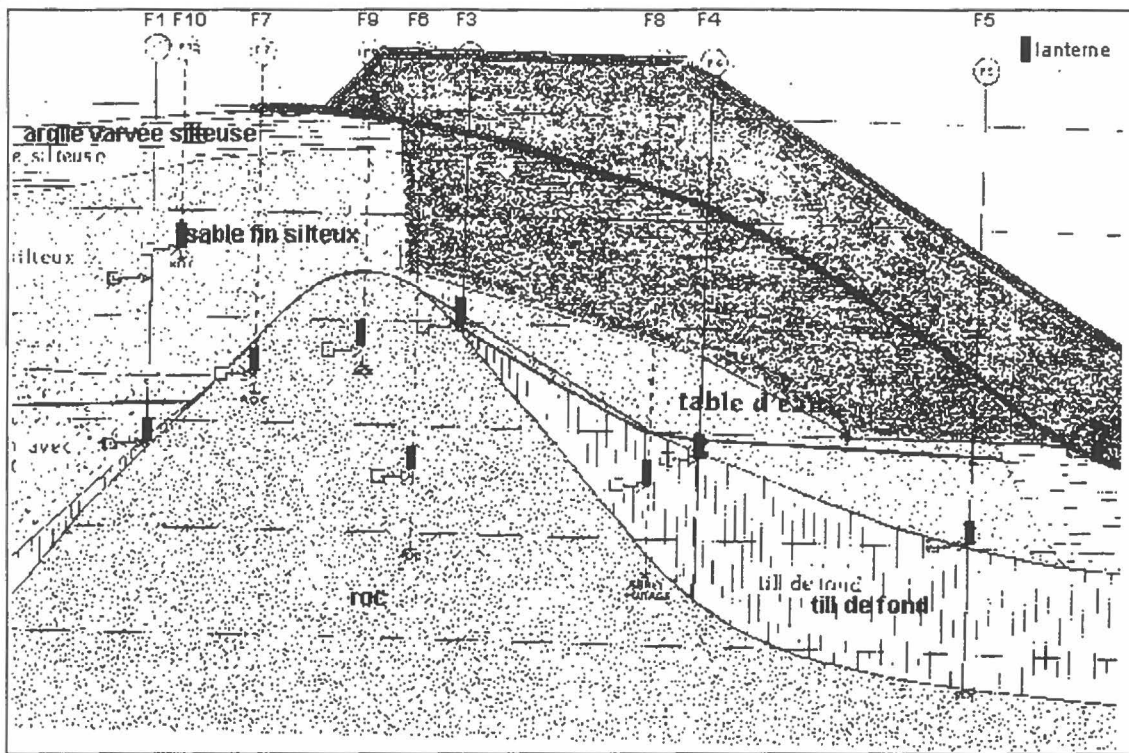


Figure 5. Coupe stratigraphique (section de la coupe A-A' – figure 3).

Tableau 2. Conductivités hydrauliques.

Puits d'observation	Profondeur de l'essai (m)	K (cm/s)		Essai
Unité : till de fond				
		P. Mercier	D. Germain*	
F8		2,8E-05	3,0E-05	in situ; niveau ascendant
Unité : sable silteux				
		P. Mercier	D. Germain*	
F4**		2,8E-05	3,7E-05	in situ; niveau ascendant
F5		1,3E-04	2,0E-04	in situ; niveau ascendant
		R. Marier	D. Germain	
F13	9,0 à 10,1	2,29E-06	1,74E-06	in situ; à niveau constant
F31-p1**	6,1 à 7,3	4,21E-06	1,68E-06	in situ; à niveau constant
F32-p1**	5,5 à 7,2	1,58E-06	9,48E-07	in situ; à niveau constant
F35-p1**	8,8 à 9,7	4,80E-07		rejeté
Unité : argile				
		R. Marier	D. Germain	
F30-2A	3,4 à 5,5	3,3E-07	1,2E-07	in situ; niveau ascendant
F31-2A	2,0 à 4,0	2,7E-07	5,7E-08	in situ; niveau ascendant
F32-2A	2,1 à 4,1	4,3E-07	1,0E-07	in situ; niveau ascendant
F33-2A	1,2 à 3,3	1,5E-08	1,1E-08	in situ; niveau descendant
F34-2A	1,2 à 3,3	3,2E-08	2,2E-08	in situ; niveau descendant
F35-2A	4,1 à 6,7	7,9E-07	8,3E-07	in situ; niveau ascendant
F35-3A	1,2 à 3,3	4,1E-07		in situ; niveau ascendant
F01-36A	1,8 à 4,0	9,8E-08		rejeté
F01-37A	1,8 à 4,0	1,9E-08		rejeté
		Monterval		
F31-A	3,5	2,5E-07		laboratoire
F32-A	5,0	2,1E-07		laboratoire
F35-A	4,9	2,7E-07		laboratoire
Les valeurs en caractère gras indiquent une incertitude dans les données				
Les valeurs en italique sont rejetées				
* méthode Hvorslev				
** lanterne intercepte deux unités				

3.2.2 Unité de sable silteux

Des essais de conductivité hydraulique ont été effectués in situ à charge ascendante de type Lefranc dans les piézomètres F4, F5, F13, F31-1S, F32-1S et F35-1S. Les calculs ont été repris et analysés par la méthode Hvorslev pour les tests F4 et F5. Les deux méthodes de calcul donnent des résultats semblables (Tableau 2). La conductivité hydraulique au piézomètre F4 est de l'ordre de $2,8E-5$ cm/s, alors qu'à F5 elle est d'un ordre de grandeur plus élevé ($1,3E-4$ cm/sec). La position des lanternes est montrée à la Figure 4.

Les calculs pour les tests à niveau d'eau constant sur les piézomètres F13, F31-1S, F32-1S et F35-1S ont également été repris. Pour les tests F31-1S et F32-1S, trois (3) paramètres diffèrent de ceux utilisés par Robert Marier, soit le diamètre, la longueur de la lanterne et plus important encore la différence entre les charges (H_c). Le diamètre retenu, 20,3 cm, est celui indiqué sur les feuilles de calcul pour la conductivité hydraulique dans les argiles (GSI, 2000a). La longueur de la lanterne utilisée représente la longueur dans l'unité de sable silteux, compte tenu des différences entre les conductivités hydrauliques la réponse aux essais reflète davantage celle de l'unité de sable silteux. La charge constante se situait au dessus du sol (P. Mercier, comm. pers.) et non sous la surface du sol tel qu'indiqué par les valeurs retenues de H_c par R. Marier dans les calculs de conductivité. Donc, la différence de charge (H_c) est le niveau d'eau constant par rapport au sol plus la profondeur du niveau piézométrique, également par rapport au sol. Ces différences entre les paramètres retenus, en particulier celle de H_c , expliquent les valeurs de conductivités plus faibles calculées par D. Germain en comparaison à celles par R. Marier.

À la hauteur de la cellule #1, la conductivité hydraulique de l'unité de sable silteux augmente du sud vers le nord passant de $9,5E-7$ (F32-1S) à $2,4E-6$ cm/s (F35-1S), avec des valeurs intermédiaires de $1,7E-6$ (F13 et F31-1S), indiquant un milieu de faible conductivité. Au nord de la cellule #1, la conductivité est plus élevée et peut atteindre $2,0E-4$ cm/s (F5).

3.2.3 Unité d'argile

Le Tableau 2 indique les résultats des essais de conductivité hydraulique de type Lefranc effectués dans l'unité d'argile. Les essais sont soit à niveau descendant, ascendant ou constant. De plus, trois (3) tests ont été faits en laboratoire. Les valeurs en caractère gras indiquent que les données ne présentent pas une relation linéaire sur les graphiques $\ln(h-h_0)$ versus le temps pour les tests à niveau variable (voir Annexe I). Donc, le calcul de la conductivité hydraulique à ces piézomètres peut être erronée. Le manque de linéarité au test F35-3A est si élevé que l'essai est rejeté. Les essais à niveau constant sont également rejetés puisque ce test doit être fait en milieu saturé.

À la hauteur des cellules, la conductivité hydraulique dans l'argile augmente du sud vers le nord passant de $1,1\text{E-}8$ cm/s (F33-2A) à $8,7\text{E-}7$ cm/s (F35-2A).

3.3 Vitesse d'écoulement

L'équation de la vitesse moyenne de l'eau souterraine est :

$$V = -Ki/n_e$$

où

K : la conductivité hydraulique
i : gradient hydraulique horizontal
 n_e : porosité effective

Pour ce calcul, nous avons retenu la conductivité la plus élevée mesurée dans l'unité de sable silteux représentant ainsi la vitesse la plus élevée des eaux souterraines. Les paramètres retenus sont : une conductivité hydraulique de $2\text{E-}4$ cm/s (K mesuré au piézomètre F5), des gradients hydrauliques horizontaux entre 0,003 (mai 2001) et 0,004 (juillet 2000), et une porosité estimée à 0,35. La vitesse horizontale des eaux souterraines dans le sable silteux est de l'ordre de 53 et 71 cm/an.

3.4 L'étanchéité du lieu d'enfouissement technique

Selon le projet de règlement sur l'élimination des matières résiduelles, les lieux d'enfouissement technique ne peuvent être aménagés que sur des terrains d'une couche naturelle homogène ayant une conductivité hydraulique de $1\text{E-}6$ cm/s sur une épaisseur de six (6) mètres. Dans le cas présent, la couche d'argile naturelle de conductivité

inférieure à $1\text{E-}6$ cm/s et d'une épaisseur supérieure à six (6) mètres recouvre environ 75 % de la cellule #1. Dans le secteur sud de cette cellule, l'argile est d'au moins cinq (5) mètres d'épaisseur. À cette hauteur, la conductivité du sable silteux est de l'ordre de $1,7\text{E-}6$ cm/s (F13 et F31) et de $9,5\text{E-}7$ cm/s (F32-1S). Bien que la perméabilité de la couche de sable silteux soit 1,7 fois supérieure à celle de $1\text{E-}6$ cm/s, la migration des contaminants est limitée puisque la conductivité de l'argile à cette hauteur est de l'ordre de $1,0\text{E-}7$ cm/s, valeur mesurée sur le terrain (F32-2A à 3 m de profondeur), laquelle se compare à celle mesurée en laboratoire $2,5\text{E-}7$ cm/s à 7,15m de profondeur (F31).

Autre manière d'examiner la migration des contaminants dans l'unité d'argile est de simuler deux (2) scénarios. Pour chacun des scénarios, nous allons calculer le temps requis pour les contaminants à traverser la couche protectrice. Les propriétés de chacun des scénarios sont résumés au Tableau 3. Le premier scénario représente le cas recommandé par le projet de règlement. Le second scénario représente le cas où l'argile a une conductivité de $8\text{E-}7$ cm/s, soit 1,25 fois plus faible que $1,0\text{E-}6$ cm/s, et huit fois plus élevée que celle mesurée in situ au puits F32-2A et quatre fois plus que celle mesurer en laboratoire.

Le temps de résidence est :

$$\text{Temps de résidence} = \text{Épaisseur} / \text{vitesse verticale moyenne de l'eau}$$

L'équation de la vitesse moyenne d'écoulement est présentée à la section précédente. Pour le calcul de la vitesse, la porosité effective retenue est 0,5. Cette valeur a été mesurée sur l'échantillon F-32-2 (Monterval, annexe 2,5). Le gradient hydraulique imposé est -1, ce qui signifie que l'eau circule de la couche d'argile vers la couche de sable. Un gradient de -1 représente la valeur maximale en condition saturée, donc le pire scénario dans un état stationnaire. Bien que l'épaisseur de la couche d'argile du second scénario soit d'un mètre inférieure à celle du premier scénario, le temps requis pour les contaminants à atteindre la couche de sable est de 9,9 ans pour le scénario 2, comparativement à 9,5 an pour le scénario 1. Bref, une couche de perméabilité de $8\text{E-}7$ cm/s sur cinq (5) mètres est à toute fin pratique aussi sécuritaire qu'une couche de $1\text{E-}6$ cm/s sur six (6) mètres. Par conséquent, le secteur retenu pour implanter la cellule #1

d'enfouissement des déchets solides présente peu de risques de contamination de l'aquifère sous-jacent, et ce malgré que la couche d'argile dans la partie sud de la cellule aie une épaisseur inférieure à six (6) mètres. De plus, dans le secteur sud de la cellule #1, là où il y a 5 m d'argile, la conductivité hydraulique du sable silteux ne varie qu'entre $1,7\text{E-}6$ et $9,5\text{E-}7$ cm/s.

Tableau 3. Temps de résidence des contaminants dans la couche d'argile avant d'atteindre l'aquifère pour deux scénarios.

Scénario	K (cm/s)	Porosité	Gradient	Vitesse moy. (cm/s)	Épaisseur (m)	Temps de résidence (a)
1	$1\text{E-}6$	0,5	-1	$2,00\text{E-}06$	6	9,5
2	$8\text{E-}7$	0,5	-1	$1,60\text{E-}06$	5	9,9

3.5 L'aquifère

Dans le secteur sud de la cellule #1, le potentiel de la couche de sable silteux comme aquifère confinée est faible puisque la conductivité hydraulique est de l'ordre de $5,5\text{E-}6$ cm/s. La majorité des aquifères ont une conductivité supérieure à $5\text{E-}5$ cm/s (Freeze et Cherry, 1979).

Dans le secteur nord, la conductivité est de l'ordre de $2,0\text{E-}4$ cm/s (F5), et celle du till de fond de $3,0\text{E-}5$ cm/s (F8). Donc, l'aquifère sous-jacent la couche d'argile dans ce secteur peut présenter un certain potentiel comme ressource en eau. Dans ce secteur la nappe est libre puisque le niveau d'eau est à une profondeur de 4,4 m alors que la base de la couche d'argile se situe à 1,5 m de la surface. Donc pour estimer le débit de cet aquifère, on va utiliser la méthode de Jacob (Freeze et Cherry, 1979). Cette approche est adéquate à la condition que le rabattement est faible par rapport à l'épaisseur de l'aquifère saturée. Pour le calcul du débit, les paramètres retenus sont :

Porosité : 0,3 et 0,5

Conductivité hydraulique : $2,0\text{E-}4$ cm/s (F5)

Distance (r) entre le puits d'observation et le puits de pompage : 10 m

Épaisseur de la nappe à l'état initial : 11,2 m

Temps : 72 heures

Pour un puits situé à 10 m du puits de pompage, un rabattement de 1 m permet un pompage de $10 \text{ m}^3/\text{hr}$ pour un aquifère avec une porosité de 0,5. Pour atteindre un débit de $25 \text{ m}^3/\text{hr}$, un rabattement de 2,5 m au puits d'observation serait requis après un pompage de 72 hr (voir Appendice II pour les calculs). Donc, le potentiel de l'aquifère est faible, d'autant plus que la présence d'une couche d'argile à la surface limite sa recharge. Plus encore, en amont de cette zone se situe la ligne de partage des eaux due à la présence d'une crête rocheuse peu fracturée, donc la recharge dans ce secteur est définitivement limitée.

4. QUALITÉ DES EAUX

4.1 Eaux souterraines

Pour établir la qualité de ces eaux, les puits d'observation, F-2, F-13, F30-1S, F31-1S, F32-1S et F35-1S, ont été échantillonnés. Les paramètres retenus sont ceux indiqués dans la Directive pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet de lieu d'enfouissement sanitaire :

- Azote ammoniacal ;
- Chlorures ;
- Cyanures totaux ;
- Demande biologique en oxygène (DBO₅) ;
- Demande chimique en oxygène (DCO) ;
- Nitrates et nitrites ;
- pH ;
- Sulfates totaux ;
- Sulfure totaux ;
- Baryum ;
- Bore ;
- Cadmium ;
- Chrome ;
- Cuivre ;
- Fer ;
- Mercure ;
- Plomb ;
- Zinc ;
- Coliformes fécaux (UFC/100 ml) ;
- Coliformes totaux (UFC/100 ml) ;
- Phénols 4AAP.

Les résultats d'analyse de trois (3) campagnes d'échantillonnage, mai 2000, août 2000 et mai 2001, sont résumés au Tableau 3,4 (GSI, 2001).

On observe que les eaux du puits d'observation F30-1S se distinguent des autres puits avec des concentrations élevées par rapport à la DCO, la DBO₅ et les phénols. Une eau avec des demandes chimique et biologique en oxygène de 850 mg/L et 66 mg/L respectivement reflète une eau riche en matière organique. Dans le rapport de forage, on indique en effet la présence de matière organique dans l'unité d'argile varvée brun olive. Cette présence de matière organique explique également les valeurs de phénols et d'azote ammoniacal observées. Ces valeurs observées peuvent aussi être due en partie à l'écoulement des eaux de ruissellement lors du forage, puisque ce dernier est demeuré ouvert durant une nuit. Les eaux de ruissellement en contact avec la matière organique s'enrichissent en DCO, DBO₅, phénols, etc. Cette contamination par les eaux de ruissellement devrait toutefois s'estomper dans le temps suite aux purges du puits

d'observation. Compte tenu qu'entre juillet 2000 et mai 2001, la DCO est passée de 65 à 960 mg/L, ce rehaussement permet de croire que la source de matière organique la plus importante se situe dans la couche d'argile. Une faible partie de la demande chimique en oxygène est liée à l'oxydation du fer ferreux, la forme du fer présente dans les eaux de ce puits.

Pour obtenir un échantillon d'eau représentatif, on doit purger trois fois le puits. Pour le puits F30-1S, il faut pomper 88 litres pour extraire un seul volume d'eau présent dans la lanterne de 7,5 mètres de longueur et le tube de PVC. Bien que les conditions artésiennes à ce puits favorise la purge des eaux, la longueur de la lanterne est inadéquate pour l'échantillonnage des eaux à des fins d'analyse chimique. De plus, la lanterne traverse deux unités bien distinctes l'une d'argile, faible perméabilité, sur 7,15 m et l'autre de sable, plus perméable, sur 0,35 m. Donc, l'échantillon d'eau n'est pas représentatif d'une zone donnée.

Le puits F31-1S présente également des concentrations élevées en DCO, 450 mg/L en 2001. La source de matière organique provient probablement de la couche d'argile varvée gris pâle puisque 40 % de la lanterne se situe dans cette unité (tableau 4), et que l'on a observé de la matière organique dans cette unité au forage F30.

Les eaux du puits F13, situé uniquement dans la couche de sable silteux, montrent également des concentrations élevées en DCO, 110 mg/L. De plus, on observe un contenu élevé en coliformes totaux. La présence des coliformes pose problème. Compte tenu qu'un seul échantillon a été prélevé, on ne peut interpréter ces résultats. Est-ce que l'échantillon a été contaminé ? ou il y a un écoulement préférentiel le long des parois du tubage ?

Les puits d'observation, F31-1, F32-1 et F35-1, présentent un contenu en azote ammoniacal, et les valeurs en mai sont supérieures à celles d'août. La présence de l'azote s'explique par le fait que la lanterne de ces puits traverse aussi l'unité d'argile dans des proportions non-négligeables dans laquelle on retrouve une certaine quantité de matières organiques (F30) (Tableau 4). Les valeurs élevées en mai sont dues à un gradient

hydraulique vertical plus fort au printemps qu'en été. Dommage de ne pas avoir inclus le puits d'observation F34-1S puisqu'il se situe uniquement dans l'unité de sable.

En résumé, la qualité des eaux dans la couche de sable silteux montre que la qualité des eaux à la hauteur de la cellule #1 secteur sud (F31-1S et F32-1S) est de moins bonne qualité en comparaison avec celle dans le secteur nord (F35-1S). Le puits d'observation F30-1S avec une lanterne de plus de 7,5 m, laquelle recoupe l'argile sur 40 %, et requiert un pompage de 88 litres pour une purge des eaux de la lanterne, n'est pas adéquat pour évaluer la qualité des eaux, ni pour déterminer le niveau piézométrique.

Compte tenu de la grande variabilité entre les valeurs en DCO, en DBO5, et dans une moindre mesure les phénols, l'azote ammoniacal et le fer observées, il est important de bien déterminer ces paramètres en particulier là où les valeurs dépassent celles proposées dans l'article 50 du projet de règlement sur l'élimination des matières résiduelles. Les valeurs observées avant les opérations seront celles retenues à respecter durant les opérations.

Pour le suivi environnemental, des puits d'observation seront implantés. Une attention particulière devra être portée sur la longueur des lanternes et sur leur position dans une unité donnée.

Tableau 4. Fraction de la lanterne dans l'unité d'argile.

Puits d'observation	Fraction de la lanterne dans l'unité d'argile
F30-1	95%
F31-1	40%
F32-1	15%
F35-1	63%

En comparant la liste des paramètres retenus à celle présentée à l'article 49 du projet de règlement, les paramètres suivants viendront s'ajouter à la liste ci-haut pour le suivi environnemental (les valeurs limites sont entre-parenthèses) :

- *Aluminium* (0,2 mg/L) ;
- *Arsenic* (0,025 mg/L) ;
- *Magnésium* (50 mg/L) ;
- *Manganèse* (0,05 mg/L) ;
- *Nickel* (0,013 mg/L) ;
- *Sélénium* (0,01 mg/L).

Les analyses au plasma permettent l'analyse d'une gamme de paramètres. Par exemple, la méthode M43 du laboratoire CORAM peut analyser les paramètres suivants sur un unique échantillon : aluminium, baryum, calcium, cadmium, chrome, cuivre, fer total, potassium, magnésium, manganèse, molybdène, sodium, nickel, phosphore, plomb, soufre total et zinc. Le coût de l'analyse comprend l'ensemble des paramètres.

Pour le cas présent, une analyse comme celle-ci aurait inclus les paramètres indiqués en italique. Bien que non requises pour l'étude d'impact, ces analyses nous auraient déjà permis d'estimer leur variabilité dans le temps et ce pour le même coût d'analyse.

Afin de déterminer la qualité des eaux avant l'implantation des cellules des piézomètres seront implantés et une attention particulière sur la position et la longueur des lanternes sera portée.

4.2 Eaux de surface

Les eaux de surface ont été échantillonnées en mai et août 2000 à trois points : Fossé amont (ES-1), fossé aval (ES-2) et la rivière Kinojévis (R-1). La localité de ces points est indiquée et les résultats sont présentés dans le rapport GSI, 2000a. Nous remarquons que, pour les paramètres dépassant les critères de toxicité aquatique chronique, les résultats de mai 2000 sont plus élevés que ceux d'août 2000 pour aluminium, baryum, cuivre, fer, nickel et plomb. Cette différence peut être due soit au réseau d'écoulement au printemps lié à la fonte des neiges qui peut favoriser une décharge des eaux souterraines riches en métaux ou encore une différence liée à la méthode d'analyse. Il importe donc de s'assurer que la variabilité naturelle de la qualité des eaux du printemps soit déterminée dans le temps afin d'estimer si les écarts observés sont significatifs.

5. AUTRES COMMENTAIRES

5.1 Puits d'observation – lanterne

Les lanternes implantées dans l'unité de sable silteux ou le till de fond ont une longueur en moyenne de 2,5 m. Selon la norme BNQ 2501-135, la lanterne ne devrait pas dépasser un mètre de longueur. Cette norme recommande que les lanternes aient les longueurs suivantes en fonction de la conductivité hydraulique des sols à l'intérieur d'un sol homogène :

Conductivité hydraulique K (m/s)	Longueur de lanterne (m)
$<10^{-8}$	$1,0 < L < 3,0$
10^{-4} à 10^{-8}	1,0
$>10^{-4}$	$0,6 < L < 1,0$

Dans la présente étude, bien que certaines lanternes ont une longueur supérieure à 1 m dans l'unité de sable silteux, la fraction effective de la lanterne est inférieure à 1 m puisqu'elle recoupe deux unités distinctes : argile et sable (F31-1, F35-1).

Le calcul de la conductivité hydraulique par des tests in situ peut également poser problème lorsque les unités ont une différence de conductivité inférieure à deux ordres de grandeur et suffisamment élevée pour affecter le test. Le test F32-1 est un bel exemple. L'écart entre la conductivité de l'argile et le sable silteux n'est qu'un ordre de grandeur. Donc, on ne peut négliger la réponse du test provenant de l'argile, mais celle du sable silteux demeure supérieure. Pour nos calculs de conductivité, nous avons retenu la fraction de la crépine dans le sable, 165 cm, donc la conductivité est plus élevée ($9,5E-7$ cm/s) que si nous avions retenu la longueur totale de la lanterne, soit 215 cm ($8,0E-7$ cm/s).

5.2 Laboratoire d'analyse

Bien que l'on mentionne que les échantillons d'eau aient été analysés par des laboratoires approuvés par le ministère de l'Environnement, on devrait les identifier au cas où le lecteur désire contacter le chimiste au sujet de certaines méthodes d'analyse.

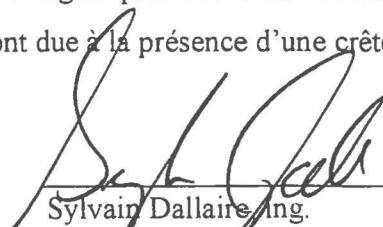
6. CONCLUSIONS

Suite à l'examen du site et des données, le lieu proposé pour le futur centre de gestion intégrée des matières résiduelles MRC Rouyn-Noranda nous apparaît favorable du point de vue hydrogéologique.

Les études hydrogéologiques indiquent que la zone retenue pour l'implantation de la cellule #1 d'enfouissement des déchets solide se situe sur une couche d'argile de plus de six (6) mètres d'épaisseur sur près de 75 % de la surface, limitant ainsi la migration des contaminants potentiels vers la couche de sable silteux sous-jacente. La conductivité hydraulique de la couche d'argile varie entre $8,3E-7$ et $1,1E-8$ cm/s. Dans le secteur où la conductivité dans l'argile est la plus élevée (F35), l'écoulement se fait dans la direction de la couche de sable vers l'argile, limitant ainsi tout risque de contamination de l'aquifère. Dans la partie sud de la cellule #1, l'aquifère est protégée par une couche d'argile de plus de 5 m d'épaisseur ayant une conductivité de l'ordre de $1,0E-7$ cm/s. En se basant sur un écoulement stationnaire avec un gradient de 1, on montre qu'une couche d'argile de 5 m d'épaisseur et de conductivité de $8,0E-7$ cm/s limite la migration des contaminants dans les mêmes proportions qu'une couche d'argile de 6 m avec une conductivité de $1,0E-6$ cm/s. De plus, la conductivité hydraulique du sable silteux dans ce secteur est faible et varie entre $1,7E-6$ et $9,5E-7$ cm/s.

Le potentiel de l'aquifère, sous-jacent la couche d'argile à la hauteur de la cellule #1, comme ressource en eau est limité dans la partie sud. Dans le secteur nord, le potentiel est plus élevé, l'aquifère ayant une conductivité de l'ordre de $2,0E-4$ cm/s. Toutefois, le débit estimé, $10 \text{ m}^3/\text{hr}$, demeure inférieur à la valeur de $25 \text{ m}^3/\text{hr}$ fixée par le Ministère de l'Environnement pour définir le potentiel élevé d'un aquifère. De plus, sa recharge est faible compte tenu de l'étendue de la couche d'argile présente à la surface et de la proximité de la ligne de partage des eaux en amont due à la présence d'une crête rocheuse peu fracturée.


Diane Germain, Ph.D., M.Sc., ing.
Hydrogéologue et géochimiste


Sylvain Dallaire, ing.
ing. Ingénieur civil

7. RÉFÉRENCE

Freeze, A., Cherry, J.A., 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 604 p.

GSI Environnement, 2000a. Projet d'implantation d'un centre intégré de gestion de matières résiduelles MRC Rouyn-Noranda – Étude hydrogéologique des lots 55 à 58, 48-1 et 15 à 18 du canton de Rouyn.

GSI Environnement, 2000b. Projet d'implantation d'un centre intégré de gestion de matières résiduelles MRC Rouyn-Noranda. Phase 1 – Lieu d'enfouissement sanitaire. Étude d'impact sur l'environnement déposée au ministre de l'environnement. Rapport principale.

GSI Environnement 2001. Projet d'implantation d'un centre intégré de gestion de matières résiduelles MRC Rouyn-Noranda – phase 1 – lieu d'enfouissement sanitaire. Étude d'impact sur l'environnement déposée au ministre de l'Environnement. Addenda no. 2.

Ministère de l'Environnement, 2000. Projet de règlement sur l'élimination des matières résiduelles.

8. APPENDICE I. CALCULS DE LA CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE

Appendice 1. Calculs de la conductivité hydraulique

Calcul de la conductivité hydraulique basé sur la méthode Hvorslev (Freeze et Cherry, 1979). Le temps au rabattement normalisé de 0,37, $T_{0,37}$, a été obtenu des graphiques présentés dans GSI (2000a, annexe 1.4).

Piézomètre	T ₀ (0,37) (min)	K (cm/s)	K (moyen) (cm/s)
F4 (essai 1)	7,0	4,00E-05	3,70E-05
F4 (essai 2)	8,0	3,50E-05	
F4 (essai 3)	7,8	3,59E-05	
F5 (essai 1)	1,5	1,87E-04	1,96E-04
F5 (essai 2)	1,3	2,16E-04	
F5 (essai 3)	1,5	1,87E-04	
F8 (essai 1)	9,5	2,95E-05	2,96E-05
F8 (essai 2)	9,0	3,11E-05	
F8 (essai 3)	10,0	2,80E-05	
paramètres:			
rayon du tubage	0,955	cm	
rayon de la lanterne	3,175	cm	
longueur de la lanterne	91	cm	

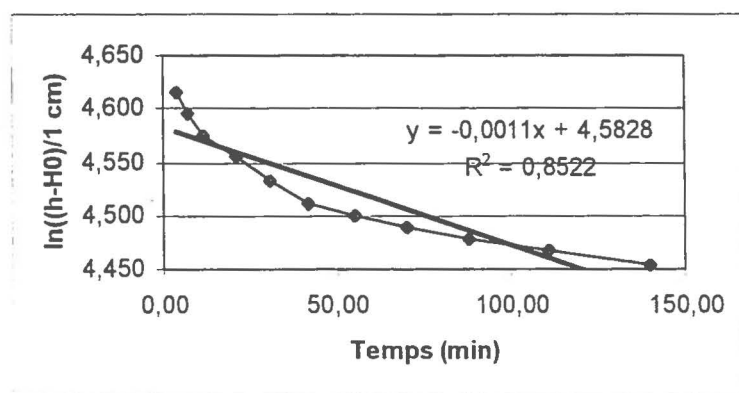
F30-2A

H0*	229	cm	C	421,71	cm
H=H0-h(t=0)	123	cm	S	2,87	cm ²
Longueur A	200	cm	p'	0,0011	1/min
De	20,32	cm	K=	p'S/60C	cm/s
d _{int} (tubage)	1,91	cm	K =	1,2E-07	cm/s

Temps (min)	h (cm)	(h-H0) (cm)	(h-H0)/H**	ln((h-H0)/1cm)
0,00	352	123	1,000	4,812
0,15	338	109	0,886	4,691
0,30	335	106	0,862	4,663
1,10	332	103	0,837	4,635
4,11	330	101	0,821	4,615
7,02	328	99	0,805	4,595
11,42	326	97	0,789	4,575
21,08	324	95	0,772	4,554
30,51	322	93	0,756	4,533
41,51	320	91	0,740	4,511
55,00	319	90	0,732	4,500
70,00	318	89	0,724	4,489
88,00	317	88	0,715	4,477
111,00	316	87	0,707	4,466
140,00	315	86	0,699	4,454

*H0 initial à partir de la tête du piézomètre

**delta h normalisé



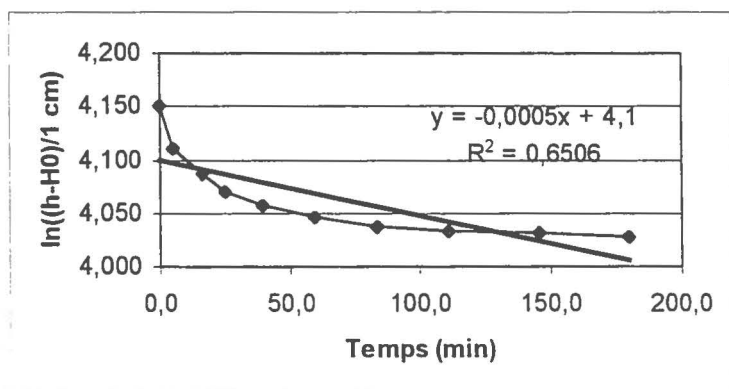
F31-2A

H0*	279	cm	C	421,71	cm
H = H0-h(t=0)	65	cm	S	2,87	cm ²
Longueur A	200	cm	p'	0,0005	1/min
De	20,32	cm	K=	p'S/60C	cm/s
d _{int} (tubage)	1,91	cm	K =	5,7E-08	cm/s

Temps (min)	h (cm)	(h-H0) (cm)	(h-H0)/H**	ln((h-H0)/1 cm)
0,0	344,0	65,00	1,000	4,174
0,3	342,5	63,50	0,977	4,151
5,1	340,0	61,00	0,938	4,111
16,2	338,5	59,50	0,915	4,086
25,0	337,5	58,50	0,900	4,069
40,0	336,8	57,80	0,889	4,057
60,0	336,2	57,20	0,880	4,047
83,4	335,6	56,60	0,871	4,036
111,0	335,4	56,40	0,868	4,032
146,0	335,3	56,30	0,866	4,031
180,0	335,2	56,15	0,864	4,028

*H0 initial à partir de la tête du piézomètre

**delta h normalisé



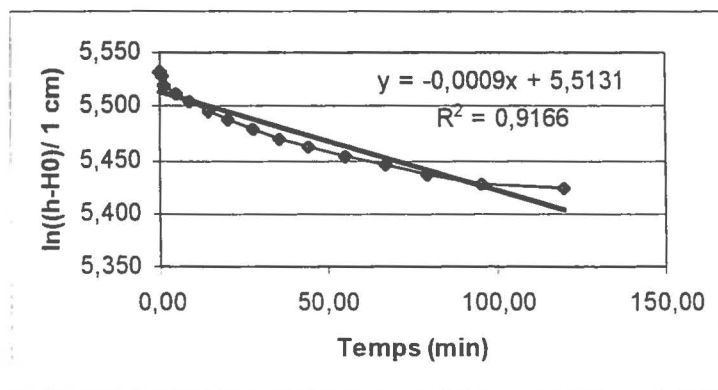
F32-2A

H0*	113,5	cm	C	421,71	cm
H = H0-h(t=0)	252,5	cm	p'	0,0009	1/min
Longueur A	200	cm	S	2,87	cm ²
De	20,32	cm	K=	p'S/60C	cm/s
d _{int} (tubage)	1,91	cm	K =	1,0E-07	cm/s

Temps (min)	h (cm)	(h-H0) (cm)	(h-H0)/H**	ln((h-H0)/1 cm)
0,00	366	252,5	1,000	5,531
0,30	365	251,5	0,996	5,527
1,00	363	249,5	0,988	5,519
4,40	361	247,5	0,980	5,511
8,50	359	245,5	0,972	5,503
14,40	357	243,5	0,964	5,495
20,35	355	241,5	0,956	5,487
27,40	353	239,5	0,949	5,479
35,50	351	237,5	0,941	5,470
44,30	349	235,5	0,933	5,462
55,00	347	233,5	0,925	5,453
67,00	345	231,5	0,917	5,445
79,35	343	229,5	0,909	5,436
95,50	341	227,5	0,901	5,427
120,00	340	226,5	0,897	5,423

*H0 initial à partir de la tête du piézomètre

**delta h normalisé



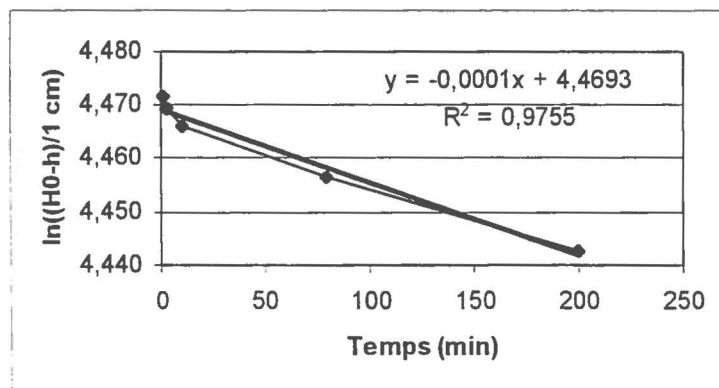
F33-2A

H0*	407	cm	C	442,60	cm
H = H0-h(t=0)	88	cm	p'	0,0001	1/min
Longueur A	215	cm	S	2,87	cm ²
De	20,32	cm	K =	p'S/60C	cm/s
d _{int} (tubage)	1,91	cm	K =	1,1E-08	cm/s

Temps (min)	h (cm)	(H0-h)/H**	(H0-h) (cm)	ln((H0-h)/1 cm)
0	319,00	1,000	88,000	4,477
1	319,50	0,994	87,500	4,472
3	319,70	0,992	87,300	4,469
10	320,00	0,989	87,000	4,466
80	320,80	0,980	86,200	4,457
200	322,00	0,966	85,000	4,443
400	322,05	0,965	84,950	4,442

*H0 initial à partir de la tête du piézomètre

**delta h normalisé



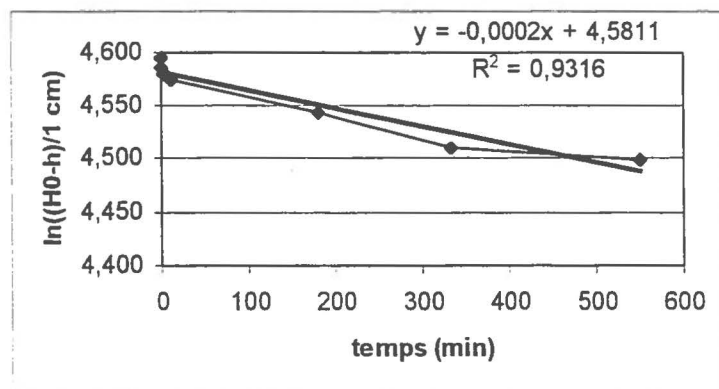
F34-2A

H0	345	cm	C	442,60	cm
H = H0-h(t=0)	99	cm	p'	0,0002	1/min
Longueur A	215	cm	S	2,87	cm ²
De	20,32	cm	K =	p'S/60C	cm/s
d _{int} (tubage)	1,91	cm	K =	2,2E-08	cm/s

Temps (min)	h (cm)	(H0-h)/H**	(H0-h) (cm)	ln((H0-h)/1 cm)
0	246,0	1,000	99,0	4,595
1	247,0	0,990	98,0	4,585
3	247,5	0,985	97,5	4,580
6	247,7	0,983	97,3	4,578
10	248,0	0,980	97,0	4,575
180	251,0	0,949	94,0	4,543
334	254,0	0,919	91,0	4,511
550	255,0	0,909	90,0	4,500

*H0 initial à partir de la tête du piézomètre

**delta h normalisé



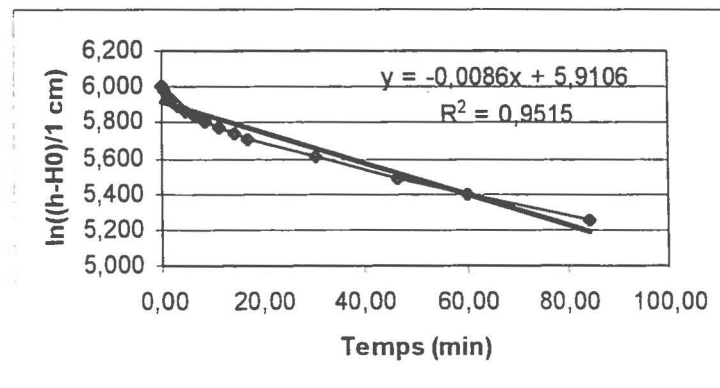
F35-2A

H0	139	cm	C	497,15	cm
H = H0-h(t=0)	406	cm	p'	0,0086	1/min
Longueur A	255	cm	S	2,87	cm ²
De	20,32	cm	K =	p'S/60C	cm/s
d _{int} (tubage)	1,91	cm	K =	8,3E-07	cm/s

Temps (min)	h (cm)	(h-H0)/H**	(h-H0) (cm)	ln((h-H0)/1 cm)
0,00	545	1,000	406	6,006
0,30	533	0,970	394	5,976
1,24	520	0,938	381	5,943
2,15	510	0,914	371	5,916
3,25	500	0,889	361	5,889
4,48	490	0,865	351	5,861
6,40	480	0,840	341	5,832
8,43	470	0,815	331	5,802
11,23	460	0,791	321	5,771
14,18	450	0,766	311	5,740
16,90	440	0,741	301	5,707
30,15	410	0,667	271	5,602
46,30	380	0,594	241	5,485
60,00	360	0,544	221	5,398
84,20	330	0,470	191	5,252

*H0 initial à partir de la tête du piézomètre

**delta h normalisé



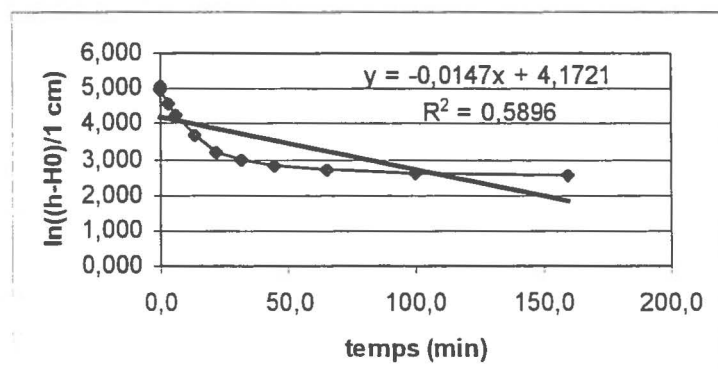
F35-3A

H0	111	cm	C	442,60	cm
H = H0-h(t=0)	154	cm	p'		1/min
Longueur A	215	cm	S	2,87	cm ²
De	20,32	cm	K =	p'S/60C	cm/s
d _{int} (tubage)	1,91	cm	K =		cm/s

Temps (min)	h (cm)	(h-H0)/H**	(h-H0) (cm)	ln((h-H0)/1 cm)
0,0	265,0	1,000	154,0	5,037
0,3	249,0	0,896	138,0	4,927
3,1	210,0	0,643	99,0	4,595
6,4	180,0	0,448	69,0	4,234
14,0	150,0	0,253	39,0	3,664
22,0	135,5	0,159	24,5	3,199
32,0	131,0	0,130	20,0	2,996
45,0	128,0	0,110	17,0	2,833
65,0	126,0	0,097	15,0	2,708
100,0	124,5	0,088	13,5	2,603
160,0	123,5	0,081	12,5	2,526

*H0 initial à partir de la tête du piézomètre

**delta h normalisé



Essais de conductivité hydraulique à niveau constant

	F13	F31-1S	F32-1S	F35-1S
Niveau d'eau constant* (cm)	114,0	144,	130,0	110,0
Profondeur de la nappe (cm)	842,0	270,	398,5	-55,0
Débit moyen injecté : Q (cm ³ /s)	32,50	21,3	18,63	3,50
Calcul par Robert Marier				
Différence de charge : H _c (cm)	728,0	126,	268,5	165,0
Longueur lanterne : L (cm)	110,0	215,	215,0	215,0
Diamètre de la lanterne : D _i (cm)	6,4	20,0	20,0	20,0
Coefficient C (cm)	195,20	440,0	440,03	440,03
Conductivité hydraulique (cm/s)	1,74E-06	3,83E-0	1,58E-06	4,82E-07
Calcul par Diane Germain				
Différence de charge : H _c (cm)	956,0	414,	528,5	55,0
Longueur lanterne dans le silt : L (cm)	110,0	120,	165,0	95,0
Diamètre de la lanterne : D _i (cm)	6,4	20,3	20,3	20,3
Coefficient C (cm)	195,39	305,2	371,79	266,90
Conductivité hydraulique (cm/s)	1,74E-06	1,69E-0	9,48E-07	2,38E-06

* niveau d'eau constant par rapport au sol

où

$$C \text{ (cm)} = 2 \pi L / (2L/D_i)$$

$$K \text{ (cm/s)} = Q / (100 * C * H_c)$$

Piézomètre Essais :		F13		F31-1S	
Temps (min)	1 Vol. (l)	2 Vol. (l)	1 Vol. (l)	2 Vol. (l)	
5	10,0	9,5	6,4	6,5	
10	9,5	9,5	6,7	6,6	
15	9,0	10,0	6,3	6,4	
20	9,0	10,5	6,2	6,1	
25	10,5	10,0			
débit moyen (cm ³ /s) :		32,50		21,33	

Piézomètre Essais :		F32-1S			F35-1S		
Temps (min)	1 Vol. (l)	2 Vol. (l)	3 Vol. (l)	1 Vol. (l)	2 Vol. (l)	3 Vol. (l)	
5	5,66	5,56	5,58	1,11	1,03	1,01	
10	5,70	5,52	5,54	1,10	1,04	1,02	
15	5,62	5,58	5,53	1,12	1,02	1,00	
débit moyen (cm ³ /s) :		18,63			3,50		

9. ESTIMATION DU POTENTIEL AQUIFÈRE

Appendice 2. Estimation du potentiel aquifère

La nappe étant libre, nous allons utiliser la méthode de Jacob (Freeze et Cherry, 1979). Il s'agit d'utiliser la même fonction $W(u)$ (éq. 8,7) mais de prendre la porosité effective (S_y) plutôt que la storativité. La transmissivité est définie comme $T = Kb$ où K est la conductivité hydraulique et b l'épaisseur de la nappe à l'état initial. Cette approche est adéquate à la condition que le rabattement est faible par rapport à l'épaisseur de l'aquifère saturée. On émet également que l'aquifère est infini et horizontal.

Le rabattement est :

$$h_0 - h = Q W(u_B) / (4 \pi T t)$$

Où

$$u_B = r^2 S_y / (4 T t)$$

Les paramètres retenus sont présentés dans le tableau suivant. La conductivité est celle observée à F5, l'épaisseur de l'aquifère est celle mesurée en mai 2001. La porosité étant un paramètre très important, nous avons retenu les valeurs 0,3 et 0,5 lesquelles représentent la fourchette de valeur rencontrée dans un sable silteux.

	Cas 1, $n=0,3$	Cas 2, $n=0,5$
Conductivité hydraulique, K (cm/s)	2,00E-06	2,00E-06
Épaisseur de l'aquifère saturée, b (m)	11,2	11,2
Transmissivité, T (m ² /hr)	8,06E-02	8,06E-02
rayon entre puits pompé et puits d'observation, r (m)	10	10
Temps, t (hr)	72	72
u_B	1,29E+0	2,15E+00
$1/u_B$	7,74E-01	4,64E-01
$W(u)$	0,12	0,1
Rabattement, $h-h_0$ (m)	1,00E+0	1,00E+00
Débit, Q (m ³ /hr)	8,44E+0	1,01E+01

En résumé, pour obtenir un débit de 10 m³/hr, il faut maintenir un rabattement de 1 m à 10 m du puits de pompage. Pour un débit de 25 m³/hr, le rabattement doit être de 2,5 m, ce qui est élevé. Plus important encore est le problème de la recharge de l'aquifère. La présence d'une couche d'argile à la surface vient limiter sa recharge. De plus, en amont de cette zone se situe la ligne de partage des eaux, donc la recharge dans ce secteur est définitivement limitée.