

**Annexe E**  
**Étude hydrogéologique**





**ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE  
POUR UN PROJET D'IMPLANTATION  
D'UN LIEU D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE  
À DANFORD LAKE , QUÉBEC**

**PRÉPARÉE POUR LE COMPTE DE :  
LDC GESTION ET SERVICES ENVIRONNEMENTAUX**

**DOSSIER: H-1587**

**PAR:  
FONDEX OUTAOUAIS  
FÉVRIER 2006**



---

## **TABLE DES MATIÈRES**

1	INTRODUCTION.....	1
2	DESCRIPTION DU SITE.....	2
3	MILIEU PHYSIQUE.....	4
3.1	Géomorphologie.....	4
3.2	Géologie locale.....	5
3.3	Inventaires des puits, d'eaux souterraines.....	8
4	CARACTÉRISATION HYDROGÉOLOGIQUE DU SITE.....	9
4.1	Méthodologie.....	9
4.1.1	Fouilles.....	10
4.1.2	Forages.....	10
4.1.3	Puits d'échantillonnage.....	11
4.1.4	Arpentage et niveau d'eau.....	12
4.1.5	Essai de perméabilité.....	12
4.1.6	Échantillonnage des sols.....	13
4.1.7	Analyse en laboratoire - Sol.....	13
4.1.8	Analyse en laboratoires – Eau.....	14
5	RÉSULTATS.....	16
5.1	Stratigraphie.....	16
5.1.1	Fouilles.....	16
5.1.2	Forages.....	16
5.2	Localisation de la nappe.....	17
5.3	Carte piézométrique.....	18
5.4	Conductivité hydraulique.....	19
5.5	Calcul de la vitesse de migration et potentiel aquifère.....	20
5.6	Évaluation du potentiel aquifère.....	21
5.6	Relations entre les diverses unités hydrogéologiques et le réseau hydrographique de surface.....	25
5.7	Qualité de l'eau souterraine.....	25
5.8	Vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution.....	29
5.8.1	Profondeur de la nappe.....	29
5.8.2	Infiltration efficace.....	29
5.8.3	Type d'aquifère.....	30
5.8.4	Type de sol de surface.....	30
5.8.5	Topographie.....	30
5.8.6	Impact de la zone vadose.....	30
5.8.7	Conductivité hydraulique.....	31
5.8.8	Résultats du calcul de l'indice de vulnérabilité.....	31
6	DISCUSSION ET CONCLUSION.....	33
7	PERSONNEL.....	35
8	RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	36



---

## ***LISTE DES FIGURES***

- Figure 1: Plan de situation
- Figure 2 : Carte des dépôts de surface
- Figure 3 : Carte de la géologie du socle rocheux
- Figure 4 : Évaluation du potentiel aquifère : maillage et conditions aux frontières
- Figure 5 : Évaluation du potentiel aquifère : résultats du calage du modèle.





---

## **LISTE DES ANNEXES**

- Annexe 1: Plan de localisation des fouilles et des forages
- Annexe 2 : Rapport des fouilles
- Annexe 3 : Rapport des forages
- Annexe 4 : Feuilles de calcul des conductivités hydrauliques
- Annexe 5 : Résultats des analyses granulométriques
- Annexe 6 : Profils stratigraphiques
- Annexe 7 : Carte piézométrique de la nappe (mesure du 5 mai 2005)
- Annexe 8 : Certificats d'analyses chimiques



---

# 1

## 1 INTRODUCTION

La firme LDC Gestion et Services Environnementaux désire implanter un lieu d'enfouissement technique (LET) dans la municipalité de Alveyn-et-Cawood aussi connue et désignée dans la suite du rapport par Danford Lake, Québec, afin d'offrir le service d'élimination des matières résiduelles à l'ensemble de la population de l'Outaouais.

La firme LDC Gestion et Services Environnementaux a mandaté la firme Fondex Outaouais pour la réalisation de l'étude hydrogéologique nécessaire à l'implantation du nouveau LET. L'étude hydrogéologique a été réalisée selon la *Directive pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet de lieu d'enfouissement sanitaire* de la Direction des évaluations environnementales du Ministère du développement durable, de l'environnement, de la faune et des parcs du Québec.

Cette étude a pour but de déterminer la nature et les propriétés des matériaux en place de même que la qualité de l'eau souterraine à l'endroit du futur site d'enfouissement et de préciser les conditions hydrogéologiques locales.

Plus précisément, le présent rapport contient une brève description du site et des méthodes de reconnaissance utilisées ainsi que de la nature et des propriétés du sous-sol et de l'eau souterraine. Il contient finalement une section où les résultats obtenus sont discutés et où les recommandations du point de vue de l'environnement sont formulées.

L'étude hydrogéologique s'inscrit dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du projet d'établissement du LET de Danford Lake.

---

## 2

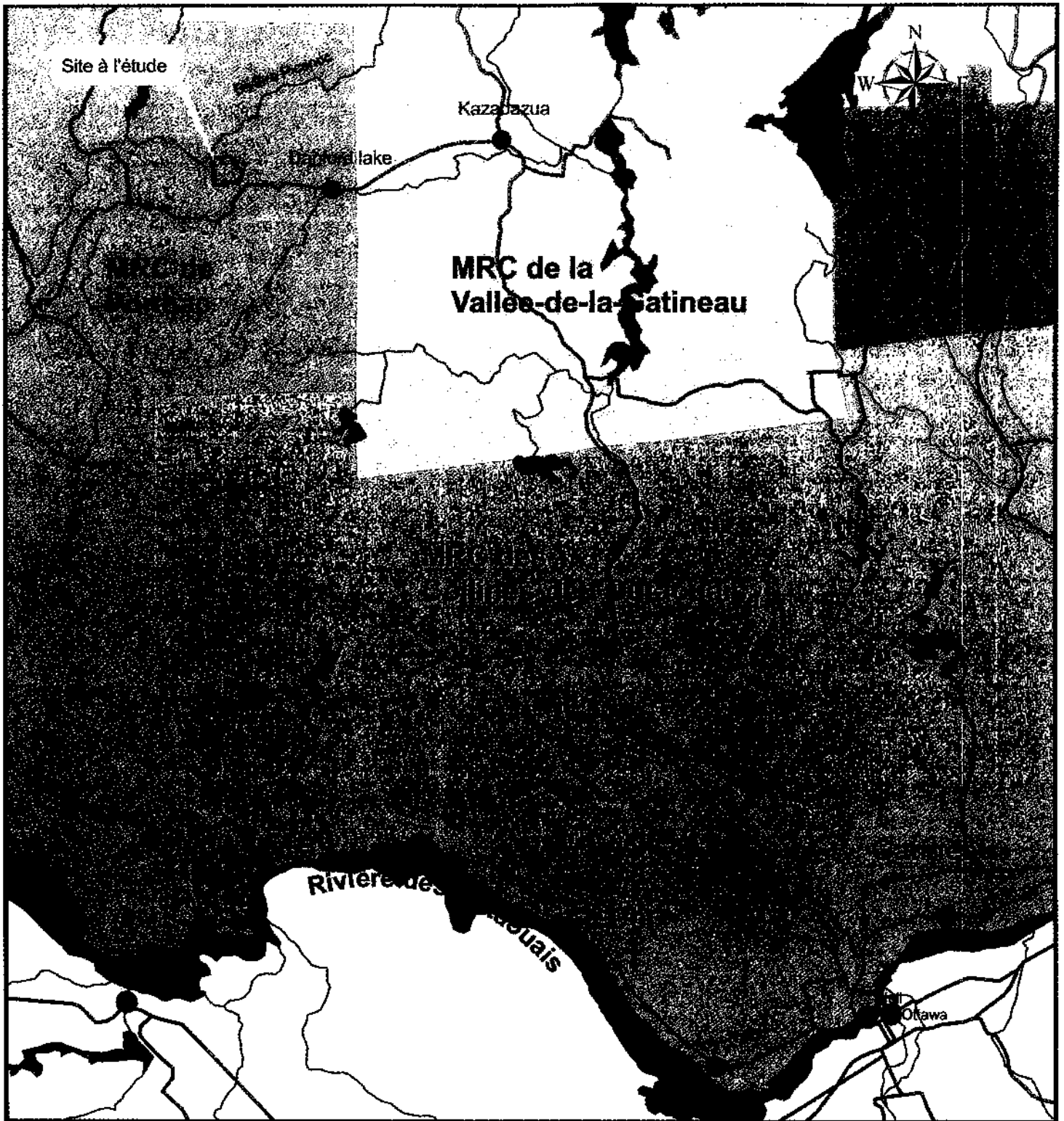
### 2 DESCRIPTION DU SITE

Le site destiné à recevoir le LET est situé en bordure de la route 301, à environ 8 km à l'ouest du village de Danford Lake, Québec. Le site est composé d'une partie des lots 29 à 37, Rang 3 et une partie des lots 31 à 37, Rang 4 au Cadastre du canton de Alleyn, dans la municipalité de Alleyn-et-Cawood. Le site, d'une superficie d'environ 292 ha, possède une forme irrégulière.

Le relief du terrain visé par cette étude est relativement plat, ayant une dénivelée maximum en son centre (du nord au sud) d'environ 5 à 6 mètres, soit des élévations situées entre 189 et 195 m. Le terrain est encerclé par des monts pouvant atteindre des hauteurs de 70 mètres, soit des élévations de l'ordre de 264 m, par rapport à la plaine centrale où l'on retrouve le site à l'étude.

Immédiatement au nord du site proposé pour le LET, on retrouve la rivière Picanoc. Cette dernière est localisée approximativement à 250 m du coin nord-ouest de la limite de propriété du terrain visé.

Un plan de situation de la propriété dans un contexte régional est présenté à la Figure 1.



**Légende**

- Limite de la propriété MRC
- Rivières
- Lacs
- Routes
- Gatineau
- La Vallée-de-la-Gatineau
- Les Collines-de-l'Outaouais
- Papineau
- Pontiac

0 1.5 3 6 9 12  
 Kilomètres

Source: BDTQ



Projet d'implantation d'un lieu d'enfouissement technique (LET) à Danford Lake

**Figure 1**  
**Plan de situation**



**Fondex**  
**OUTAOUAIS**

170, rue Deveault, bureau 100  
 Gatineau, Québec J8Z 1S6



---

# 3

## 3 MILIEU PHYSIQUE

### 3.1 Géomorphologie

Le site à l'étude est situé dans la municipalité de Alleyn-et-Cawood, Québec, à environ 85 km de route au nord de la municipalité de Gatineau. On y accède par la route provinciale 105 jusqu'au village de Kazabazua, où l'on prend la route 301 jusqu'au site.

La description de la géomorphologie du secteur est tirée de l'ouvrage de Donald R. Baker<sup>1</sup> (1956) intitulé *Geological report, Aylwin-Cawood area, Pontiac and Gatineau counties, Department of Mines, Quebec*. Le rapport d'étude couvre une superficie d'environ 210 miles carrés (environ 544 kilomètres carrés) et inclut la plupart des cantons de Low et Aylwin (Alleyn) dans le comté de Gatineau et les cantons de Aylwin, Cawood et Aldfield dans le comté de Pontiac.

L'auteur divise la région étudiée en deux régions géomorphologiques distinctes : les basses terres à l'est et les hautes terres de l'ouest.

Les basses terres de l'est, où l'on retrouve le village de Kazabazua sont généralement des plaines relativement planes constituées de sable et d'argile datant du Pléistocène.

La partie ouest du secteur qualifiée de hautes terres, est la partie où l'on retrouve le village de Danford Lake et le site proposé pour recevoir le lieu d'enfouissement technique (LET).

La topographie de cette partie ouest est typique des collines de la Gatineau soit des monts et vallées. L'auteur indique que le secteur est parsemé de monts ayant des élévations pouvant aller de 700 pieds (213 mètres) à 900 pieds (274 mètres) avec le

---

<sup>1</sup> Baker, R.D., 1956. Geological Report, Aylwin-Cawood Area, Pontiac and Gatineau counties,

mont O'Brian culminant, au sud du site, à 1300 pieds (396 mètres). Dans les vallées, on retrouve des dépôts de sable datant du Pléistocène.

Immédiatement, au nord du site proposé pour le LET, on retrouve la rivière Picanoc. Cette dernière et la rivière Kazabazua plus au sud drainent la majorité de la portion nord du secteur étudié décrit dans l'ouvrage de Donald R. Baker<sup>1</sup>.

### 3.2 Géologie locale

Le site à l'étude est situé sur une plaine relativement plane, dans une vallée entourée de monts atteignant des hauteurs d'environ 70 mètres par rapport à la plaine.

Tel que mentionné précédemment, les vallées des hautes terres sont recouvertes de matériaux non-consolidés datant du pléistocène. La carte des sols du Comté de Gatineau et de Pontiac compilée et publiée par le Service de Recherches du Ministère fédéral de l'Agriculture (1962) qualifie les dépôts en surface comme étant un sable fin à sable loameux. La carte des dépôts en surface est représentée sur la Figure 2.

D'après la compilation numérique des cartes de la géologie de la région de la capitale nationale du Canada<sup>2</sup>, préparée par la commission géologique du Canada, on trouve à cet endroit deux groupes géologiques distincts. On trouve au nord un groupe composé de roche métasédimentaire, non carbonaté, datant du précambrien composée de quartzite avec des interlits de paragneiss. Au sud, la formation rocheuse est identifiée comme une roche migmatique, d'origine granitique datant aussi du précambrien composé de paragneiss. La géologie du socle rocheux de la région est illustrée sur la Figure 3.

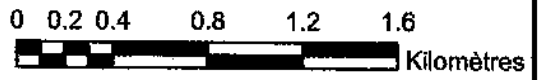
<sup>2</sup> Bélanger, J. R., 1998. Géologie urbaine de la région de la Capitale nationale, Commission géologique du Canada.





Source: Carte des sols du Comté de Gatineau et de Pontiac compilée et publiée par le Service de Recherches du Ministère fédéral de l'Agriculture (1962)

Légende		Topographie	Quantité de pierres et d'affleurements rocheux
	Limite de la propriété	D: terrain dépression	0: pierres et affleurements absents
	Texture	U: terrain ondulé	1: quelques pierres
	Ag: loam sableux	G: terrain légèrement vallonné	3: très pierreux
	Au: surface sableuse	L: terrain plat	4: excessivement pierreux
	G: loam graveleux	R: terrain vallonné	ov: pierres absentes et quelques affleurements
	Gz: sable à sable loameux	RM: Montagnes élevées et abruptes	ov: pierres et affleurements nombreux
	Gr: loam sableux		4v: pierres et affleurements excessivement nombreux
	I: sable fin à sable loameux		
	Mb: sable		
	W: texture variable		
	Ll: loam sableux		
	Pl: loam sableux et calcaireux		

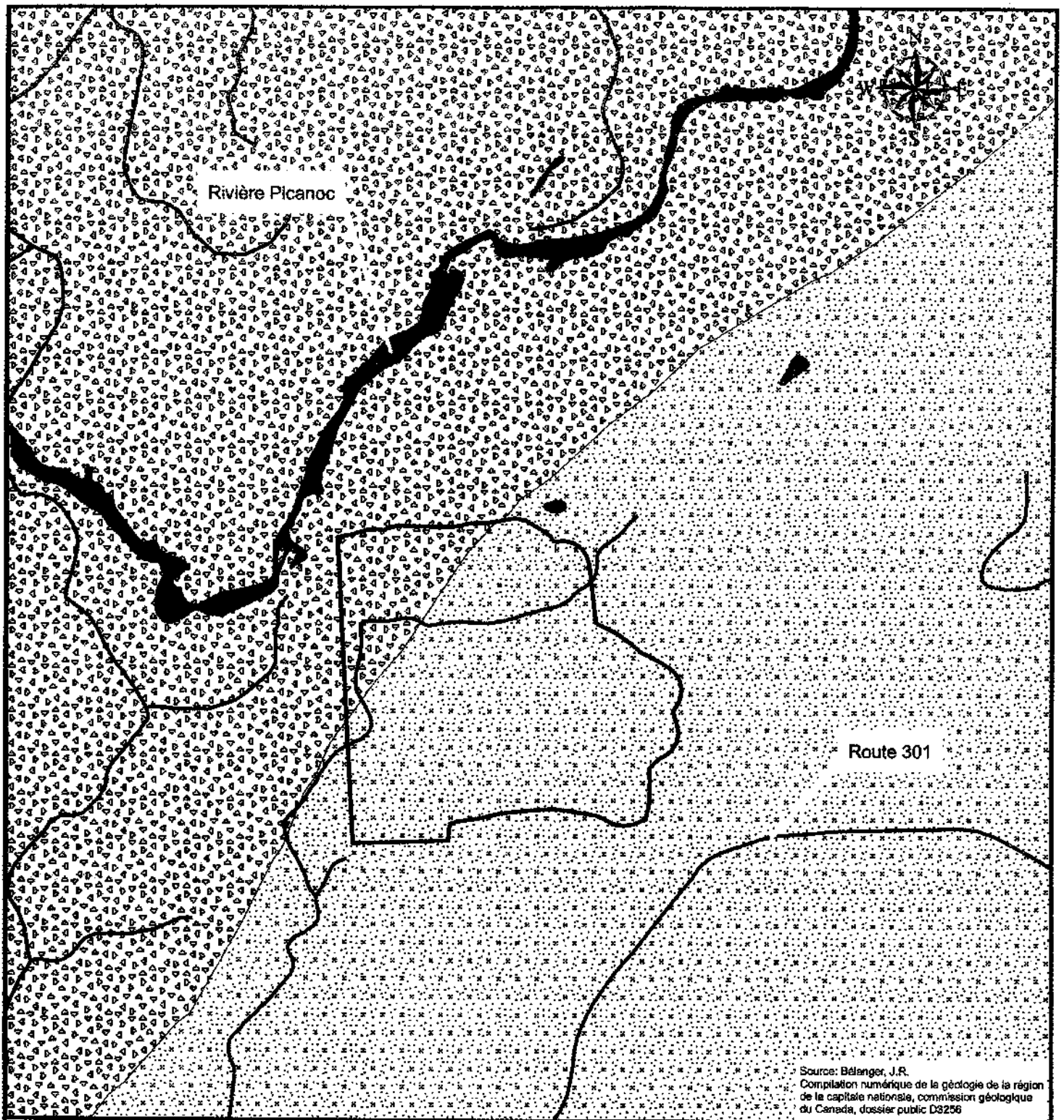


Projet d'implantation d'un lieu d'enfouissement technique (LET) à Danford Lake

Figure 2  
Carte des dépôts de surface





**Fondex**  
OUTAOUAIS  
170, rue Deveault, bureau 100  
Gatineau, Québec J8Z 1S6

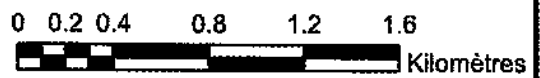




Source: Bélanger, J.R.  
 Compilation numérique de la géologie de la région  
 de la capitale nationale, commission géologique  
 du Canada, dossier public D3256

**Légende**

-  Limite de la propriété
-  Routes ou chemins forestiers
- Géologie du socle rocheux
-  Quartzite avec des laminites de paragneiss
-  Paragneiss



Projet d'implantation d'un lieu d'enfouissement  
 technique (LET) à Danford Lake

**Figure 3**  
**Carte de la géologie du socle rocheux**



**Fondex**  
 OUTAOUAIS

170, rue Deveault, bureau 100  
 Gatineau, Québec J8Z 1S6



### **3.3 Inventaires des puits, d'eaux souterraines**

Une recherche a été réalisée dans le système d'information hydrogéologique (SIH) du Ministère du Développement durable, de l'environnement, de la faune et des parcs du Québec afin de retracer les puits situés dans un rayon d'un kilomètre autour du site. Le répertoire du SIH ne contient aucun puits situé à moins de 1000 m du site.

Nous avons retracé, avec l'aide des autorités municipales de Danford Lake, les habitations situées à proximité du site pouvant être desservies par un puits d'eau potable. Les trois (3) habitations les plus rapprochées du site sont respectivement à environ 1100 m et 1200 m au sud-est et à 1400 m au sud et sont alimentées en eau potable par des puits de surface.

De plus, la municipalité confirme qu'elle ne possède pas de puits d'eau potable municipale.

Les informations recueillies révèlent donc qu'il n'y a pas d'utilisation de l'eau souterraine comme source d'eau potable dans un rayon de 1 km autour du site à l'étude.

---

## 4

### 4 CARACTÉRISATION HYDROGÉOLOGIQUE DU SITE

#### 4.1 Méthodologie

L'étude hydrogéologique a été réalisée dans le cadre d'une étude d'impact sur l'environnement pour un projet de lieu d'enfouissement technique (LET). La directive du Ministère du Développement Durable, de l'Environnement de la Faune et des Parcs dicte que la caractérisation géologique et hydrogéologique du site doit contenir les informations suivantes :

« L'hydrogéologie locale dans un rayon de 1 km comprenant, pour le terrain du LET, les caractéristiques des eaux souterraines, en incluant notamment la localisation des nappes, leur profondeur (cartes piézométriques), leur conductivité hydraulique déterminée à partir d'essai in-situ, le sens d'écoulement, la vitesse de migration, la relation entre les diverses unités hydrostratigraphiques ainsi qu'avec le réseau hydrographique de surface, et enfin, la vulnérabilité des eaux à la pollution à partir d'un nombre représentatif de puits d'observations ou piézomètres existants ou additionnels (minimum de 4 pour les 5 premiers hectares et un supplémentaire pour chaque 5 hectares de terrain supplémentaires »

La superficie projetée du LET de Danford Lake étant d'environ 40 hectares, le nombre minimum de puits d'observation à réaliser est alors de onze (11).

Les sections suivantes présentent donc les travaux réalisés et les informations suivantes :

- La localisation de la nappe;
- Une carte piézométrique du secteur présentant la profondeur de la nappe et son sens d'écoulement;
- La conductivité hydraulique des différentes unités hydrogéologiques;
- La vitesse de migration de l'eau souterraine dans les unités hydrogéologiques;
- La relation entre les diverses unités hydrogéologiques et le réseau hydrographique de surface;
- L'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la contamination.

#### 4.1.1 Fouilles

Vingt-neuf (29) fouilles ont été réalisées du 25 au 28 avril 2005 à l'aide d'une pelle mécanique sur chenille. Les fouilles ont atteint une profondeur maximum d'environ 4.5 mètres. La position des fouilles a été déterminée par le personnel de Fondex Outaouais de façon à couvrir l'ensemble du site. Le plan de localisation et les rapports des fouilles sont présentés respectivement aux annexes 1 et 2.

#### 4.1.2 Forages

Tel que mentionné précédemment, suivant la *Directive pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet de lieu d'enfouissement sanitaire*, le nombre de forages (et puits d'observation), pour un lieu d'enfouissement d'environ 40 ha comprenant la zone d'enfouissement et l'aire des installations de traitement, est de onze (11). Or quatorze (14) forages ont été réalisés.

Les forages F-101 à F-112 ont été réalisés du 9 au 13 mai et du 16 au 20 mai 2005 à l'aide d'une foreuse à tarière évidé de type CME 55, monté sur chenille. Lorsqu'il a été impossible de poursuivre les forages à la tarière évidée, la méthode par lavage à l'aide de tubages de calibre NW a été utilisée. Ces forages ont atteint des profondeurs maximums allant de 12.85 à 21.34 mètres.

Certains des forages se sont terminés au refus à la foreuse notamment les forages F-103, F-105 et F-107, en raison de la puissance limitée de la foreuse.

Un forage supplémentaire, le F-113, a été réalisé le 3 octobre 2005 à l'aide d'une foreuse plus puissante (CME 75) afin d'identifier la stratigraphie des sols à des profondeurs supérieures à celles déjà atteintes (21 mètres et plus). Ce forage a révélé peu d'informations supplémentaires sur le sous-sol dû au lavage excessif des échantillons du carottier fendu et de la carotteuse.

Devant le peu d'information recueillie dans le forage F-113, un second forage supplémentaire (F-114), a été réalisé, cette fois-ci par un puisatier. Le forage a été réalisé le 11 octobre 2005 par une foreuse Ingersoll Rand, model T4W. Ce forage, a permis d'identifier la nature des sols au delà de 21 m de profondeur et d'installer une crépine à une profondeur de 38.1 m.

La localisation des forages, F-101 à F-114, est présentée au plan de localisation joint à l'annexe 1 et les rapports des forages sont joints à l'annexe 3.

#### **4.1.3 Puits d'échantillonnage**

Douze (12) forages ont été convertis en puits d'échantillonnage. Les puits d'échantillonnage installés dans les forages F-101 à F-112 sont constitués d'une crépine de calibre « 10 » en chlorure de polyvinyle (CPV) de 51 mm de diamètre intérieur et de 1.52 mètres de longueur couplée à un tubage de même matériau et diamètre et ce jusqu'à la surface du sol. L'espace annulaire autour de la crépine a été comblé de sable de silice. Étant donné que le site est peu accessible et qu'il est peu probable que les puits seront endommagés ou manipulés, aucune protection ne fut employée pour la partie hors sol du puits.

Les forages F-113 et F-114 n'ont pas été utilisés comme puits d'échantillonnage mais une crépine a été installée dans le F-114.



#### 4.1.4 Arpentage et niveau d'eau

Deux repères semi-permanents ont été installés en périphérie du site par une firme d'arpenteur géomètre locale. Les deux repères ont été rattachés par GPS au repère géodésique no. 99K0049 (élévation géodésique 174.20) situé dans le village de Kazabazua.

La position des puits et la topographie du site ont été relevées par le personnel technique de Fondex Outaouais à l'aide d'une station totale.

Les niveaux d'eau dans les puits d'échantillonnage ont été relevés à l'aide d'un ruban gradué en polyéthylène d'une précision de 1 cm près, et ce, autant pour la lecture des niveaux piézométriques que pendant les essais de perméabilité.

#### 4.1.5 Essai de perméabilité

Lors des réalisations des travaux de forages, nous avons constaté que la majeure partie de la zone saturée est constituée de sables fins silteux parfois avec des traces de gravier. La conductivité hydraulique de la zone saturée a été estimée *in-situ* par des essais de perméabilité ou essais par choc hydraulique (*slug test*) au niveau de cette horizon sableuse. Les données recueillies ont été interprétées en utilisant la méthode de Hvorslev (1951) citée dans Chapuis (1999)<sup>3</sup>.

Les feuilles de calcul sont présentées à l'annexe 4.

Pour la zone non saturée essentiellement formée par des sables grossiers ou moyens avec parfois des traces de gravier ou de silt, la conductivité hydraulique a été estimée en utilisant la formule de Hazen. Cette méthode fut utilisée seulement sur les sols présentant les conditions nécessaires à l'application de la formule de Hazen à savoir un coefficient d'uniformité inférieur à 5 et un diamètre efficace  $d_{10}$  compris entre 0.1 et 3.0 mm.

<sup>3</sup> Chapuis, R.P., 1999. Guide des essais de pompages et leurs installations.

La formule de Hazen s'écrit :

$$K = C(d_{10})^2$$

$K$  est la conductivité hydraulique estimée en cm/s ;

$d_{10}$  est le diamètre des particules passant à 10%, exprimé en cm;

$C$  est un coefficient fonction de la nature du sol variant de 80 à 140. Une valeur de 100 a été utilisée pour l'horizon de sable moyen ou grossier.

#### 4.1.6 Échantillonnage des sols

Autant dans les fouilles que dans les forages, des échantillons représentatifs de sol ont été prélevés.

Dans les cas des fouilles, des échantillons de sol ont été prélevés à intervalle régulier et/ou lorsque des différences significatives dans la composition des sols étaient notées dans l'excavation.

Dans les forages, la procédure d'échantillonnage était la suivante: un échantillon de sol à tous les 76 cm pour les trois (3) premiers mètres et un échantillon de sol à tous les 1.5 m jusqu'à la fin de forages par la suite. Les échantillons de sols ont été prélevés à l'aide d'un carottier fendu.

Pour les forages F-113 et F-114, des échantillons ont été prélevés directement du rejet du fluide de lavage de la foreuse.

#### 4.1.7 Analyse en laboratoire - Sol

Les échantillons de sols ont été rapportés à nos laboratoires pour une classification plus détaillée. Étant donnée leur nature granulaire, seules des analyses granulométriques ont été réalisées sur des échantillons choisis. Lorsque la teneur en particules fines de l'échantillon était suffisamment importante, un essai de

sédimentométrie a été réalisé afin de confirmer la composition granulométrique de l'échantillon.

Les certificats d'analyse sont présentés à l'annexe 5.

#### **4.1.8 Analyse en laboratoires – Eau**

Des échantillons d'eau souterraine ont été prélevés pour analyse dans chacun des puits F-101 à F-112. La collecte, le transport, l'entreposage et l'analyse des échantillons d'eau souterraine ont été réalisés selon les recommandations du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyse environnementales, cahier 3, Échantillonnage des eaux souterraines* du Ministère du développement durable, de l'environnement, de la faune et des parcs.

La purge et l'échantillonnage ont été réalisés par pompage à l'aide d'un tube dédié en polyéthylène de 12.5 mm de diamètre intérieur muni d'un activateur de type Waterra.

Tous les échantillons d'eau souterraine ont été prélevés dans des contenants fournis par le laboratoire Maxxam dans lesquels les préservatifs, si requis, ont été préalablement ajoutés. Suite à l'échantillonnage et pendant leur transport vers le laboratoire analytique, les contenants ont été conservés dans des glacières réfrigérées à une température près de 4° Celsius à l'aide de blocks réfrigérants (*ice packs*).

À noter qu'à cause des délais de transport trop long (plus de 24 heures), les contenants destinés à l'analyse des coliformes fécaux ont été acheminés au laboratoire MicroB de Gatineau.

Les laboratoires retenus sont accrédités par le MDDEP pour les analyses demandées.

De plus, pour le contrôle et l'assurance de la qualité dans le processus d'échantillonnage et d'analyse, un échantillon en duplicata et un blanc de chantier (eau distillée) furent inclus parmi les échantillons d'eau souterraine soumis pour analyse au laboratoire.

Les eaux souterraines ont été analysées pour les paramètres suivants :

- Métaux et métalloïdes : bore, cadmium, chrome, fer, manganèse, mercure, nickel, plomb, sodium, zinc ;
- Azote ammoniacal ;
- Anions : chlorures, cyanures, nitrites et nitrates, sulfates, sulfures ;
- BTEX ;
- Coliformes fécaux
- DBO<sub>5</sub>
- DCO
- Composés phénoliques.

---

# 5

## 5 RÉSULTATS

### 5.1 Stratigraphie

#### 5.1.1 Fouilles

Le sous-sol tel qu'observé dans les fouilles consiste à une couche de terre végétale d'une épaisseur d'environ 0.10 à 0.27 m, une couche de sable moyen compact allant de 0.20 à 0.86 m d'épaisseur environ, une couche de sable moyen et/ou grossier avec parfois des traces de graviers. L'épaisseur de cette dernière varie approximativement entre 0.79 m et 4.1 m. La majorité des fouilles s'est arrêtée sur cette couche de sable moyen et/ou grossier sauf pour quelques unes qui ont atteint une couche de sable fin silteux parfois avec des cailloux. L'épaisseur interceptée pour cette dernière est comprise entre environ 1.5 m et 2.40 m. Un refus sur le roc a été rencontré dans trois (3) fouilles (P-26, P-31, P-32) parmi les vingt-neuf (29) fouilles.

#### 5.1.2 Forages

Généralement, la stratigraphie du sous-sol, tel qu'observée dans les forages, se compose d'un horizon de sable fin à grossier avec parfois des traces de gravier et/ou de silt devenant un sable fin silteux ou un sable fin avec un peu ou des traces de silt. Des cailloux et blocs ont été rencontrés dans les forages F-113 et F-114 à partir d'environ 18 mètres de profondeurs.

Un refus sur le roc probable a été atteint dans quatre (4) forages (F-101, F-102, F-104 et F-110) à des profondeurs respectivement de 14.53 m, 12.93 m, 15.65 m et 12.85 m.

Une description détaillée de la stratigraphie du sous-sol est présentée aux rapports des fouilles et des forages joints aux annexes 2 et 3. Des profils stratigraphiques sont illustrés à l'annexe 6.

## 5.2 Localisation de la nappe

D'après les mesures des niveaux statiques de la nappe en date du 5 mai 2005 et les données recueillies en chantier lors des travaux de forage, l'eau souterraine a été rencontrée essentiellement dans un horizon de sable silteux parfois avec des traces de de gravier. La profondeur de l'eau dans les puits est comprise entre 3.06 m et 12.27 m ce qui correspond à des élévations entre 181.34 m et 187.04 m.

Sur la base des données piézométriques et la nature du sous-sol, nous sommes d'avis que l'aquifère dans le secteur est un aquifère à nappe libre.

**Tableau no. 1 : Profondeur de la nappe- 5 mai 2005**

Puits	Élévation du Terrain naturel (m)	Profondeur de la nappe (m)
F-101	194.88	12.27
F-102	192.78	7.93
F-103	189.85	4.52
F-104	190.10	3.06
F-105	189.65	8.31
F-106	192.08	9.74
F-107	191.77	8.15
F-108	189.91	4.63
F-109	191.00	4.19
F-110	189.55	7.19
F-111	188.86	6.38
F-112	190.42	3.85

### 5.3 Carte piézométrique

La carte piézométrique a été réalisée à l'aide des niveaux statiques de la nappe relevés dans les douze (12) puits d'observation. Trois (3) mesures des niveaux statiques de la nappe ont été effectuées respectivement le 5 mai 2005, le 3 août 2005 et le 21 octobre 2005. Les niveaux piézométriques correspondants sont représentés dans le Tableau 2. Comparés aux mesures du 3 août 2005 et 21 octobre 2005, les niveaux statiques de la nappe relevés le 5 mai 2005 correspondaient relativement à une période de hautes eaux. Des fluctuations saisonnières de l'ordre du centimètre à une dizaine de centimètres ont été notées entre les différentes périodes de mesure. Le maximum de variation du niveau statique de la nappe a été observé au forage F-102 entre les mesures du 5 mai 2005 et du 3 août 2005. La variation du niveau piézométrique a été de 80 cm.

**Tableau no. 2 : Élévation de la nappe observée le 5 mai , 3 août et 21 octobre 2005**

Puits	Élévation de Terrain naturel (m)	Élévation de la nappe (m) 5 mai 2005	Élévation de la nappe (m) 03 août 2005	Élévation de la nappe (m) 21 octobre 2005
F-101	194.88	182.61	182.82	182.62
F-102	192.78	184.85	184.05	183.79
F-103	189.85	185.33	185.20	185.09
F-104	190.10	187.04	186.78	186.53
F-105	189.65	181.34	181.11	181.49
F-106	192.08	182.34	182.55	182.43
F-107	191.77	183.62	183.57	183.32
F-108	189.91	185.28	185.14	185.02
F-109	191.00	186.81	186.63	186.32
F-110	189.55	182.36	182.26	182.01
F-111	188.86	182.48	182.47	182.27
F-112	190.42	186.57	186.38	186.13

La carte piézométrique représentée à l'annexe 7 montre le niveau de la nappe mesuré le 5 mai 2005. Les courbes de niveau ont été générées par interpolation linéaire (triangulation) entre les puits d'échantillonnage. A l'extérieur de la zone couverte par les

puits d'échantillonnage, les courbes de niveau ont été extrapolées en se basant sur des points de contrôle topographique tels que la rivière de Picanoc, le ruisseau et les dépressions locales. Selon les courbes des isopièzes, le gradient hydraulique moyen de l'eau souterraine est d'environ 0.007 m/m vers l'ouest. Les courbes piézométriques et la direction prédominante de l'écoulement des eaux souterraines sous la zone d'étude sont présentés à l'annexe 7. L'écoulement des eaux souterraines se fait donc principalement en direction ouest soit vers un ruisseau tributaire de la rivière Picanoc. Les puits de surface les plus proches du site étant situés au sud et au sud-est de celui-ci, ils ne peuvent pas être alimentés par la nappe circulant sous le terrain du LET projeté.

## 5.4 Conductivité hydraulique

Les résultats de l'analyse des essais de choc hydraulique réalisés dans la zone saturée constituée essentiellement par un sable fin silteux avec parfois des traces de silt ou de gravier sont présentés au tableau ci-après.

**Tableau no. 3: Conductivité hydraulique**

Puits	Profondeur de la crépine (m)	Conductivité hydraulique (cm/s)
F-101	13.78	$7.88 \times 10^{-4}$
F-102	12.18	$1.39 \times 10^{-3}$
F-103	16.01	$5.66 \times 10^{-4}$
F-104	15.90	$1.43 \times 10^{-4}$
F-105	12.97	$2.02 \times 10^{-3}$
F-106	17.54	$2.47 \times 10^{-4}$
F-107	16.01	$1.79 \times 10^{-4}$
F-108	17.54	$2.87 \times 10^{-4}$
F-109	14.99	$8.81 \times 10^{-5}$
F-110	12.10	$2.02 \times 10^{-3}$
F-111	17.54	$3.07 \times 10^{-4}$
F-112	20.59	$9.17 \times 10^{-5}$



Les valeurs de conductivité hydraulique s'échelonnent de  $8.81 \times 10^{-5}$  cm/s à  $2.02 \times 10^{-3}$  cm/s avec une moyenne géométrique de  $3.87 \times 10^{-4}$  cm/s.

Cette valeur concorde avec les valeurs rapportées dans la littérature scientifique (Freeze and Cherry<sup>4</sup>) pour un sable fin silteux.

Pour la zone non saturée essentiellement formée de sable grossier ou moyen avec parfois des traces de gravier ou de silt, les valeurs de conductivité hydraulique estimées par la méthode de Hazen sont comprises entre  $1.21 \times 10^{-2}$  cm/s et  $9.61 \times 10^{-2}$  cm/s. Cette dernière a pu être appliquée sur la majorité des échantillons issus des forages sauf sur ceux des forages F-103 et F-107 auxquels la condition d'applicabilité de la formule de Hazen n'a pas été rencontrée.

## 5.5 Calcul de la vitesse de migration et potentiel aquifère

La vitesse de migration a été estimée en utilisant la Loi de Darcy qui décrit le déplacement d'un liquide, en l'occurrence une eau souterraine, dans un milieu poreux. La Loi de Darcy indique que, sous l'influence d'un gradient hydraulique, le flux hydraulique de l'eau souterraine est proportionnel à ce gradient et à la conductivité hydraulique du milieu poreux :

$$q = ki$$

où  $i = \frac{\Delta h}{\Delta l}$

Où  $q$  représente le flux hydraulique,  $k$  représente la conductivité hydraulique et  $i$  le gradient hydraulique.

Le flux hydraulique représente la vitesse moyenne macroscopique de circulation d'un fluide dans un milieu poreux. La vitesse de migration qui correspond à la vitesse réelle

<sup>4</sup> Freeze and Cherry, 1979. Groundwater.

moyenne de circulation des eaux souterraines dans les pores du matériau est obtenue en divisant le flux hydraulique par la porosité efficace du matériau.

$$v = \frac{q}{n} = \frac{ki}{n} = k \frac{\Delta h}{n\Delta l}$$

Considérant les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned}k &= 3.87 \times 10^{-4} \text{ cm/s} \\i &= 0.007 \text{ m/m} \\n &= 0.3 \text{ (valeur moyenne pour un sable lâche)}\end{aligned}$$

Selon les valeurs de la conductivité hydraulique, la vitesse de migration estimée est comprise entre  $2.05 \times 10^{-6}$  cm/s et  $4.71 \times 10^{-5}$  cm/s, soit environ entre 0.65 m/an et 14.86 m/an. La vitesse moyenne de migration ainsi est de l'ordre de 2.85 m/an.

Dans le contexte hydrostratigraphique du site à l'étude, l'aquifère est constitué de façon prédominante par un sable fin avec parfois des traces de gravier. La zone saturée formant ainsi l'aquifère à nappe libre se trouve principalement dans l'unité de sable fin avec traces de gravier, sous-jacente de l'unité de matériau plus grossier formé de sable graveleux ou sable avec trace de gravier et/ou trace de cailloux.

## 5.6 Évaluation du potentiel aquifère

Le potentiel aquifère de l'aquifère à nappe libre a été évalué par une analyse numérique à l'aide du logiciel Visual Modflow, version 4.0 de Waterloo Hydrogeologic inc. Ce logiciel très utilisé pour la modélisation hydrogéologique est un logiciel de modélisation 3D par différences finies.

Cette évaluation a d'abord consisté à construire un modèle représentatif des conditions sur le terrain. Les données hydrodynamiques disponibles pour cette modélisation sont les

perméabilités mesurées *in situ* et les charges hydrauliques observées dans les puits d'observation.

Basé sur la stratigraphie et les données hydrauliques observées dans les puits d'observation, nous avons considéré pour cette modélisation un aquifère monocouche, à nappe libre d'une épaisseur saturée de 50 m.

Des conditions de charges imposées tenant compte du gradient hydraulique dans la zone à étudier ( $i = 0.007$ ) ont été attribuées au modèle comme conditions aux limites. La modélisation de l'écoulement et celui de l'effet de pompage ont été réalisés en régime permanent.

Le calage du modèle a été réalisé en tentant de faire cadrer la charge hydraulique résultant du modèle à la charge hydraulique observée dans les puits d'observation représentée par les courbes isopièzes. Le modèle qui en ressort est un aquifère comportant deux zonations de perméabilité respectivement de l'ordre de  $3 \times 10^{-4}$  cm/s et  $5 \times 10^{-4}$  cm/s. Ces deux (2) valeurs de perméabilité sont conformes aux valeurs de perméabilité mesurées in-situ.

Les conditions aux frontières, les propriétés des sols et le maillage utilisé dans la construction du modèle ainsi que les résultats du calage du modèle sont représentés aux figures 4 et 5.



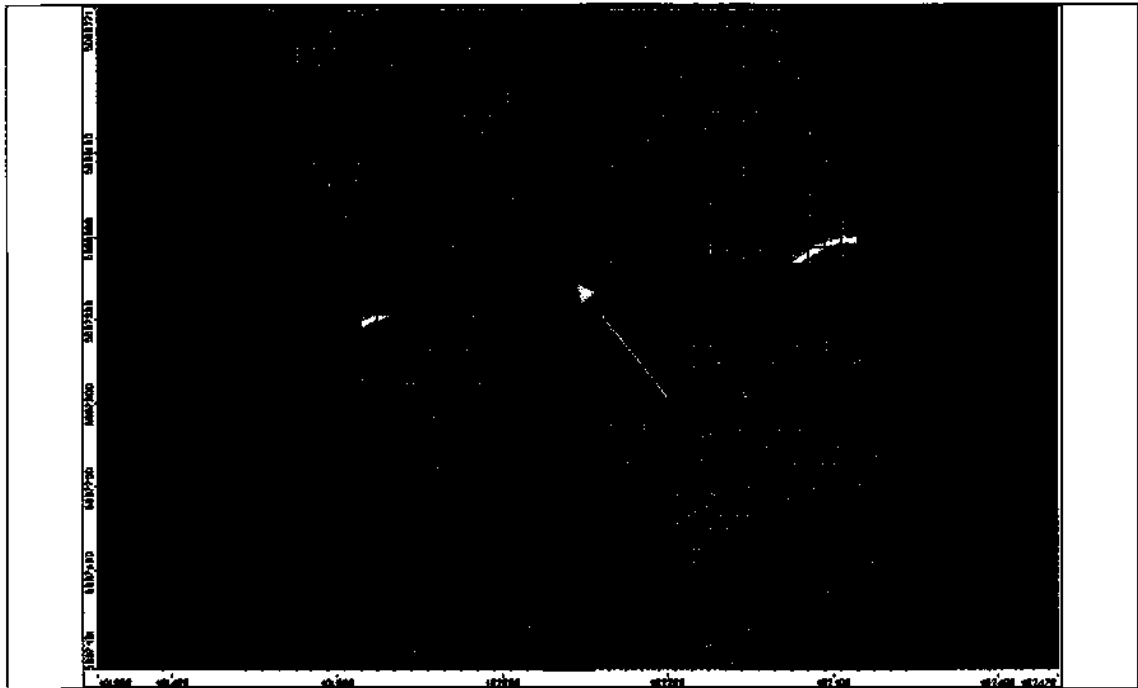


Figure 4. Évaluation du potentiel aquifère : maillage et conditions aux frontières

Notes : La croix au centre de la figure résulte d'un maillage trop serré pour affichage.



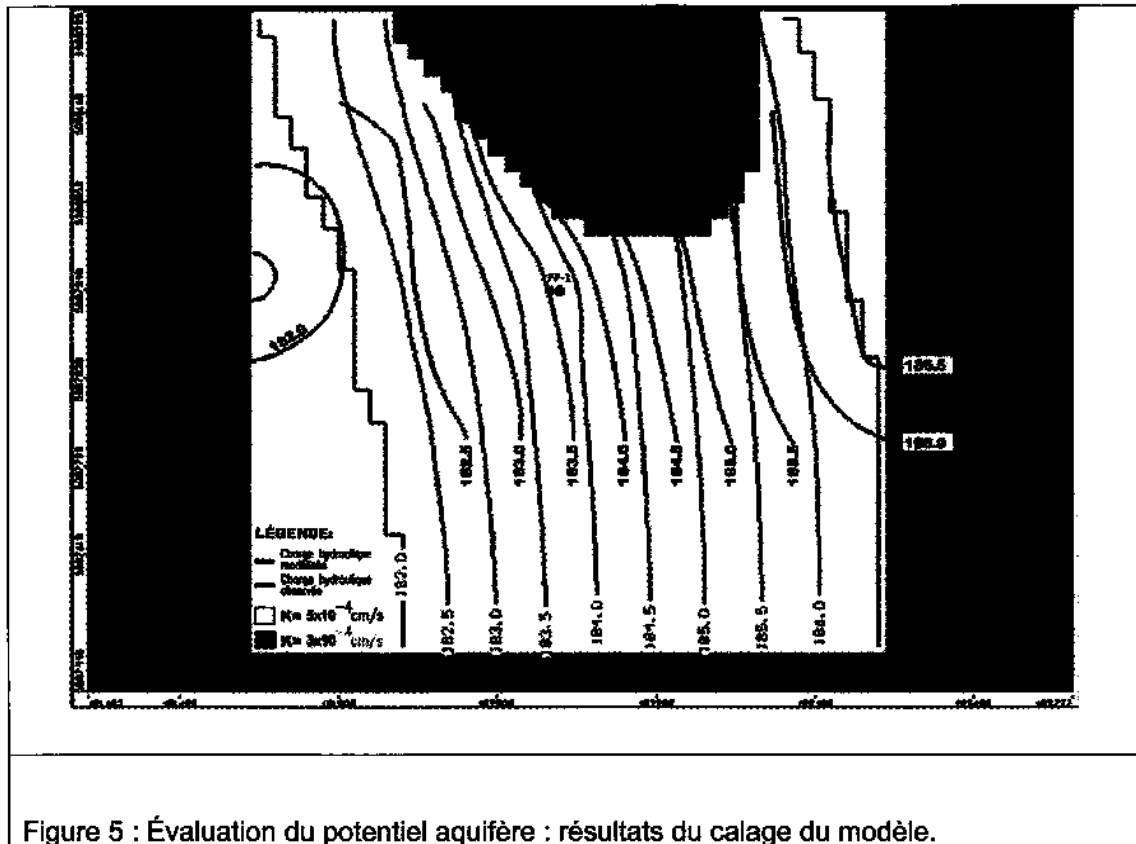


Figure 5 : Évaluation du potentiel aquifère : résultats du calage du modèle.

Une fois calé, le modèle a ensuite été utilisé pour évaluer si l'aquifère est en mesure de fournir un débit de 25 m<sup>3</sup>/h. Pour cela, l'effet d'un pompage avec un débit de 25 m<sup>3</sup>/h par un puits de 20 cm de diamètre muni d'une crépine interceptant la totalité de l'épaisseur saturée, soit 50 m, a été modélisé, et ce en régime permanent.

Les résultats de la modélisation montrent qu'un tel pompage causerait un assèchement du puits. Cet assèchement reflète un rabattement supérieur à l'épaisseur saturée soit un dénoyage de l'aquifère au niveau du puits de pompage.

Au vu de la valeur relativement faible de la conductivité hydraulique moyenne de la zone saturée essentiellement formée par un horizon de sable fin silteux avec parfois des traces de gravier et des résultats de la modélisation, nous sommes d'avis que la nappe ne peut pas fournir un débit de 25 m<sup>3</sup>/h. En conséquence, l'aquifère à nappe libre sous le site du





futur LET ne représente pas un aquifère à potentiel élevé tel que défini dans le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles.

Notons que le modèle considéré dans cette évaluation du potentiel aquifère est un modèle très conservateur. En effet, nous avons supposé que l'épaisseur saturée de l'aquifère d'environ 50 m serait exploitée par un puits dont la crépine recouvrirait la totalité de la zone saturée, soit une crépine de 50 m de long. Cette hypothèse est optimiste puisque la longueur de crépine utilisée dans le modèle est beaucoup plus grande que ce qui est communément réalisé dans la pratique pour un tel puits en condition normale d'exploitation. De plus, dans son calcul, le modèle numérique suppose que le puits est d'une efficacité de 100% alors que dans la réalité, l'efficacité d'un puits n'est jamais dans cette condition idéale de 100% et elle peut même diminuer au cours du temps à cause d'un colmatage par exemple.

## **5.6 Relations entre les diverses unités hydrogéologiques et le réseau hydrographique de surface**

D'après la stratigraphie du sous-sol et les mesures des niveaux statiques de la nappe, l'horizon de sable silteux parfois avec des traces de gravier constitue la seule unité hydrogéologique observée au cours de cette étude. Cette unité hydrogéologique représente un aquifère à nappe libre.

D'après la carte piézométrique établie et les données recueillies en chantier, nous sommes d'avis que la nappe libre du secteur alimente en partie le ruisseau à l'ouest tributaire de la rivière Picanoc et probablement aussi le fen situé au sud.

## **5.7 Qualité de l'eau souterraine**

Le tableau no. 5 qui suit présente les résultats de la qualité de l'eau souterraine. Les certificats d'analyse sont présentés à l'annexe 8. Les concentrations des paramètres mesurés sont comparées aux valeurs limites à respecter selon l'article 57 du nouveau Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles.

Pour l'ensemble des paramètres mesurés, les concentrations sont inférieures aux valeurs limites acceptables. Toutefois, on note que sur la majorité des puits, les teneurs en fer et en manganèse sont nettement plus élevées que les valeurs limites. Les teneurs en nickel observées sur les trois (3) puits F-101, F-106 et F-108 sont légèrement supérieures à la valeur limite.

Des concentrations en toluène supérieures à la valeur limite de 0.024 mg/L ont été mesurées dans les échantillons d'eau des puits F-104 et F-109. Afin de vérifier ces résultats, un deuxième échantillon a été prélevé le 11 novembre 2005. Les résultats analytiques des échantillons d'eau des puits F-104 et F-109 ont de nouveau détectée la présence de toluène au-delà des valeurs limites.

Cette présence de toluène dans les échantillons d'eau de ces deux (2) puits F-104 et F-109 est probablement due à une contamination par les eaux de lavage durant les travaux de forage car la présence de toluène n'a pas été détectée dans l'eau des dix autres puits ayant été analysée.

Un échantillonnage de contrôle est prévu pour l'été 2006 afin de suivre l'évolution du toluène dans l'eau.

**ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE  
POUR UN PROJET D'IMPLANTATION D'UN LIEU  
D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE À DANFORD LAKE, QUÉBEC**

février 2006

Page 27 de 36

Paramètres	Unités	Lignes	F-101	F-102	F-103	F-104	F-105	F-105DUP	F-106	F-107	F-108	F-109	F-110	F-111	F-112	BLANC
Azote ammoniacal	mg/L	1.5	ND	ND	ND	0.04	0.05	0.02	0.27	0.04	0.04	0.21	0.08	ND	0.09	0.03
Bore	mg/L	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmium	mg/L	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chrome	mg/L	0.05	0.03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fer	mg/L	0.3	33	ND	7.1	0.2	4.5	3.4	6.6	6.5	17	6.7	25	16	6.1	ND
Manganèse	mg/L	0.05	0.4	0.003	0.17	0.022	0.066	0.048	0.51	0.19	0.4	0.19	0.31	0.37	0.31	ND
Mercur	mg/L	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nickel	mg/L	0.02	0.06	ND	ND	ND	0.01	0.01	0.04	ND	0.03	ND	0.02	0.02	ND	ND
Plomb	mg/L	0.01	0.011	ND	0.002	ND	0.002	0.001	0.004	0.002	0.006	0.002	0.008	0.003	0.003	0.001
Sodium	mg/L	200	2.9	0.74	1.4	1.5	2.1	2.0	2.6	2.5	0.84	2.1	1.8	3.4	2.2	0.05
Zinc	mg/L	5	0.18	0.004	0.15	0.005	0.047	0.033	0.10	0.027	0.083	0.029	0.14	0.066	0.031	0.014
Benzène	mg/L	0.005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Toluène	mg/L	0.024	ND	ND	ND	0.2*	ND	ND	ND	ND	ND	0.4*	ND	ND	ND	ND
Ethylbenzène	mg/L	0.0024	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Xylène	mg/L	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chlorures	mg/L	250	0.40	0.36	0.50	0.65	0.27	0.24	0.41	0.69	0.58	0.36	0.37	0.44	1.7	ND
Cyanures totaux	mg/L	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrites + Nitrates	mg/L	10	ND	0.02	7.4	0.13	0.01	0.02	ND	0.11	0.11	0.07	ND	ND	0.02	0.02
Sulfates totaux	mg/L	500	8.1	3.5	4.1	9.3	5.2	5.7	5.6	3.4	4.9	4.4	4.4	4.2	3.1	ND

POUR UN PROJET D'IMPLANTATION D'UN LIEU  
D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE À DANFORD LAKE, QUÉBEC

Paramètres	Unités	Limites	F-101	F-102	F-103	F-104	F-105	F-105DUJ	F-106	F-107	F-108	F-109	F-110	F-111	F-112	BLANC
Sulfures totaux	mg/L	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Coliformes totaux	UFC/100m l		<10	<2	2	<2	<10	<10	<10	<2	90	4	<10	<2	<2	<10
DBO5	mg/L		ND	ND	ND	2.2	ND	4	ND	2.6	2.1	ND	2	ND	2.7	ND
DCC	mg/L		34	ND	ND	21	ND	ND	24	56	99	30	15	ND	32	ND
Composés phénoliques	mg/L		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Notes : \* : les concentrations en toluène des échantillons complémentaires du 11 novembre 2005 sont de 0.4 mg/L et de 0.4 mg/L respectivement pour les puits F-104 et F-109.

ND : Non Détecté

## 5.8 Vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution

La vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution a été évaluée en utilisant la méthode DRASTIC. Selon le *Guide de conception des installations de production d'eau potable*, publié par le Ministère du Développement Durable, de la Faune et des Parcs, cette méthode demeure la méthode préconisée pour la détermination de l'indice de vulnérabilité des eaux souterraines. Cette méthode, qui consiste en un système de cotation numérique, est décrite en détail dans le document EPA/600-2-87-035.

La méthode DRASTIC repose sur l'identification de facteurs naturels déterminants l'indice de vulnérabilité.

### 5.8.1 Profondeur de la nappe

Considérant la topographie légèrement accidentée du site et les niveaux du plafond de la nappe mesurée dans les piezomètres, la nappe se situe entre 3.06 m et 12.27 m de profondeur. Pour les fins de calculs de l'indice de vulnérabilité, une profondeur moyenne de 6.69 m sera utilisée. Une cote de 7 a donc été assigné au facteur « profondeur de la nappe ».

### 5.8.2 Infiltration efficace

L'infiltration efficace a été calculée à partir des données climatologiques de la station météorologique de Maniwaki Aéroport (identification OMM : 71721). Selon les données enregistrées de 1971 à 2000, la moyenne annuelle des précipitations est de 909 mm. L'évapotranspiration annuelle du site à l'étude a été estimée à partir des cartes des données climatiques du Québec proposées par Wilson (1971)<sup>5</sup>. Dans la région à l'étude, l'évapotranspiration annuelle est estimée de l'ordre de 535 mm. Compte tenu de la topographie peu accidentée et à faible pente du site, de la couverture végétale de type

<sup>5</sup> Wilson, C.V. 1971. Le climat du Québec. Atlas climatique, Service météorologique du Canada.

forestier et de la nature sableuse du sol, seule une faible partie de la précipitation contribue au ruissellement. Le ruissellement annuel a été estimé à environ 136 mm. Il ressort ainsi une recharge annuelle nette estimée à 238 mm. Une cote de 6 a été assigné «infiltration efficace».

### **5.8.3 Type d'aquifère**

Le matériau principal composant l'aquifère est un sable fin silteux avec traces de gravier. Quoique la cote typique pour ce genre de matériau soit de 8, nous avons assigné une cote plus élevée de 9 pour tenir compte de la présence des traces de matériau plus perméable. Une cote de 9 a donc été assigné au facteur «type d'aquifère».

### **5.8.4 Type de sol de surface**

La couche de terre végétale recouvrant le sous-bois est relativement mince. Pour ces raisons, nous avons considéré comme sol de surface le dépôt de sable sous jacent. Une cote de 9 a été assignée sur le facteur «type de sol».

### **5.8.5 Topographie**

La topographie du site est légèrement accidentée, présentant une légère surélévation au nord par rapport à l'ensemble du site. La pente moyenne du site calculée à partir du point le plus élevé et du point le plus bas est estimé à 1.3%. Une cote de 10 a été assignée sur le facteur «topographie».

### **5.8.6 Impact de la zone vadose**

La zone vadose est de la même composition que celle de l'aquifère, c'est à dire un sable fin, avec parfois des horizons plus perméables. Une cote typique pour cette composition est 8. Une cote de 8 a donc été assignée au facteur « Impact de la zone Vadose ».

### 5.8.7 Conductivité hydraulique

La conductivité hydraulique utilisée est la moyenne géométrique des conductivités hydrauliques évaluées aux différents puits situés sur le site. Une conductivité hydraulique de  $3.87 \times 10^{-4}$  cm/s soit 0.33 m/j a été utilisée pour déterminer l'indice de vulnérabilité. Cette valeur de conductivité hydraulique se situe dans l'intervalle des valeurs correspondantes à la cote 1. Pour le calcul de l'indice de vulnérabilité, la cote 1 a été assignée au facteur «conductivité hydraulique».

### 5.8.8 Résultats du calcul de l'indice de vulnérabilité

Le tableau 6 résume les facteurs et/ou paramètres qui ont servi au calcul de l'indice de vulnérabilité selon la Méthode DRASTIC. L'indice DRASTIC final est la somme des produits des poids pondérés par la cote correspondante pour chaque paramètre.

**Tableau no. 6 : Indice de vulnérabilité de la nappe libre.**

Paramètre	Cote attribuée	Poids	Valeur obtenue
D- Profondeur de la nappe	7	5	35
R- Infiltration efficace	6	4	24
A- Type d'aquifère	9	3	27
S- Type de sol de surface	9	2	18
T- Topographie	10	1	10
I- Impact de la zone vadose	8	5	40
C- Conductivité hydraulique	1	3	3
<b>INDICE DRASTIC</b>			<b>157</b>

Il est important de mentionner que la méthode DRASTIC est, à la base, une méthode comparative d'évaluation de la vulnérabilité de l'eau souterraine. Elle a été développée pour cartographier de grandes étendues et ainsi identifier les endroits les plus vulnérables et les moins vulnérables à une contamination de l'eau souterraine. L'indice DRASTIC en soit n'est donc pas une valeur absolue. Cependant, dans le Règlement sur le captage des eaux souterraines, le MDDEP considère qu'un aquifère est vulnérable lorsque l'indice DRASTIC est égal ou supérieur à 100. Donc sur cette base, on peut conclure qu'un indice de 157 représente un aquifère relativement vulnérable en terme de protection d'une source d'eau souterraine pour des fins d'approvisionnement en eau potable.

Toutefois, le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (art. 25 et 26) préconise pour l'aménagement d'un LET la mise en place d'une part, d'un système d'imperméabilisation à double niveau de protection muni d'une couche de captage de fuite et d'autre part, l'installation des puits d'observation pour le suivi de la qualité de l'eau souterraine. En conséquence, la mise en place de ces systèmes modifiera significativement les propriétés physiques du site, réduisant du même coup la valeur de l'indice de vulnérabilité précédemment estimée puisque ces aménagements ont pour but premier la réduction du risque de contamination des eaux souterraines à l'endroit du futur LET. La qualité de l'eau souterraine sera également surveillée de façon régulière par le système de puits d'observation permettant ainsi à l'exploitant de réagir rapidement en cas de détection d'une contamination.



---

## 6

### 6 DISCUSSION ET CONCLUSION

Le site à l'étude se situe dans un secteur relativement plat et bien isolé visuellement due à la présence des monts boisés qui l'encerclent. La hauteur de ces monts peut atteindre 70 m par rapport à la plaine du site.

Basé sur les données recueillies lors des travaux de chantier, une nappe libre a été localisée dans un horizon de sable silteux. D'après les mesures in situ, la conductivité hydraulique moyenne de l'aquifère est de  $3.87 \times 10^{-4}$  cm/s. L'écoulement souterrain s'effectue en direction de l'ouest avec un gradient hydraulique de l'ordre de 0.007m/m. La vitesse moyenne de migration de l'eau est environ 2.85 m/an alors que la vitesse maximale est évaluée à 14.86 m/an.

D'après les données recueillies, la morphologie du terrain et la carte piézométrique établie, la nappe alimente en partie le fen et la rivière Picanoc se trouvant respectivement au sud et au nord-ouest du site.

Compte tenu des valeurs des conductivités hydrauliques mesurées, l'aquifère ne peut pas soutenir en permanence un débit de 25 m<sup>3</sup>/h. Les résultats de la modélisation montrent qu'un tel pompage provoquera un assèchement du puits. Cet assèchement reflète un rabattement supérieur à l'épaisseur saturée. Sur la base des résultats de modélisation, nous sommes d'avis que la nappe libre à l'endroit du futur LET n'est pas un aquifère à potentiel élevé.

Les résultats d'étude de la qualité de l'eau souterraine montrent que les concentrations en fer, manganèse et nickel dépassent les valeurs limites proposées dans l'article 57 du nouveau Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles. Ces dépassements sont vraisemblablement dus à une forte minéralisation des eaux souterraines dans le secteur à l'étude.

Des concentrations en toluène supérieures à la valeur limite de 0.024 mg/L ont été mesurées dans les échantillons d'eau des puits F-104 et F-109. Afin de vérifier ces résultats, un deuxième échantillon d'eau a été prélevé le 11 novembre 2005 dans ces deux puits. Les résultats analytiques de ce deuxième échantillonnage ont détecté de nouveau la présence de toluène au - delà des valeurs limites. Cette présence de toluène dans les échantillons d'eau des puits F-104 et F-109 est d'origine anthropique, probablement due à une contamination par les eaux de lavage durant les travaux de forage car la présence de toluène n'a pas été détectée dans les dix (10) autres puits faisant l'objet des analyses d'eau sur le site à l'étude. Un échantillonnage de contrôle est prévu pour l'été 2006 afin de suivre l'évolution de toluène dans l'eau.

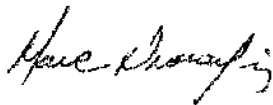
Basé sur les conditions naturelles du site à l'étude et l'indice DRASTIC de l'aquifère, cette dernière est vulnérable à la pollution. En effet, l'indice DRASTIC de l'aquifère a été estimé à 157. Selon le Règlement sur le captage des eaux souterraines, le MDDEP considère qu'un aquifère est vulnérable lorsque l'indice DRASTIC est égal ou supérieur à 100. Toutefois, la méthode DRASTIC est une méthode qualitative pour estimer la vulnérabilité d'un aquifère et l'indice DRASTIC n'est pas une valeur absolue. De plus, le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (art. 25 et 26) préconise pour l'aménagement d'un LET la mise en place d'une part, d'un système d'imperméabilisation à double niveau de protection muni d'une couche de captage de fuite et d'autre part, l'installation des puits d'observation pour le suivi de la qualité de l'eau souterraine. En conséquence, la mise en place de ces systèmes modifiera significativement les propriétés physiques du site, réduisant du même coup la valeur de l'indice de vulnérabilité précédemment estimée puisque ces aménagements permettront de réduire à un niveau très faible les risques de contamination de l'aquifère à l'endroit du futur LET. La qualité de l'eau souterraine sera également surveillée de façon régulière par le système des puits d'observation permettant ainsi à l'exploitant de réagir rapidement en cas de détection d'une contamination.

---

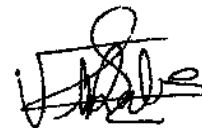
**7****7 PERSONNEL**

Les travaux de chantier relatifs à cette étude ont été effectués par le personnel de Fondex Outaouais sous la direction de Monsieur Marc Drouin, ing. Ce rapport a été préparé par Monsieur Marc Drouin, ing. en collaboration de Madame Vero Rabemanana, PhD. en Hydrogéologie.

FONDEX Outaouais



---

Marc Drouin, ing.

---

Vero Rabemanana, PhD. Hydrogéologie

MD/MD, VR/md  
Distribution: Client (3)

**Avertissement:**

Ce rapport contient 36 pages. Il ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite d'un responsable autorisé de Fondex Outaouais.

Si des essais/analyses ont été effectués, les résultats de ces essais/analyses ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

---

## 8

### 8 RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Barker, Donald R., 1956. Geological Report, Aylwin-Cawood Area. Pontiac and Gatineau Counties. Province of Quebec, Canada. Geological Surveys Branch. 98p.

Bélanger, J.R., 1998. Géologie urbaine de la région de la Capitale nationale. Commission géologique du Canada.

Chapuis, R.P., 1999. Guide des essais de pompage et leurs installations. Publication du Québec. 156p.

Freeze, R.A., Cherry, J.A., 1979. Groundwater. Prentice Hall, Inc. 604p.

Hvorslev, M.J., 1951. Time-lag and soil permeability in ground water observations. Bulletin 36, U.S. Army Engineering Waterways Experimental Station, Vicksburg, Miss.

Wilson, C.V., 1971. Le climat du Québec. Atlas climatique, Service météorologique du Canada.

---

**ANNEXES**

