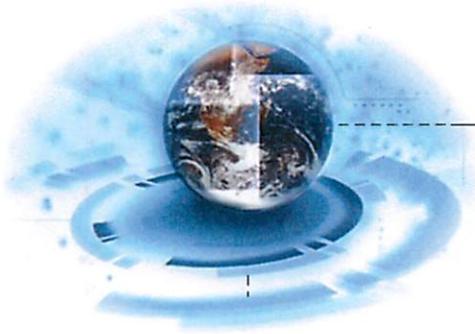


**Annexe QC-218 :**  
**Étude complémentaire et le plan révisé de l'écoulement  
des eaux souterraines**





**GENNEN INC.**

1437 OLIVAR-ASSELIN  
CHICOUTIMI (QUÉBEC)  
G7H 4L4  
GENNEN@VIDEOTRON.CA  
418-549-5678



Chicoutimi, le 8 octobre 2012

**Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean (RMR)  
625 rue Bergeron Ouest  
Alma (Québec)  
G8B 1V3**

**Objet: Étude hydrogéologique complémentaire  
Projet de lieu d'enfouissement technique (LET)  
Hébertville-Station (Québec)  
N/dos : GEN12080**

Madame, Monsieur,

Vous trouverez ci-joint notre rapport concernant le projet cité en rubrique.

Espérant le tout à votre convenance, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, nos salutations distinguées.

**GENNEN inc.**

  
Donald Tremblay, Ing. M.Sc.A. M.Env., hydrogéologue  
Président



DT/mp

**ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE COMPLÉMENTAIRE  
PROJET DE LIEU D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE (LET)  
HÉBERTVILLE-STATION (QUÉBEC)**

**POUR:**

**RÉGIE DES MATIÈRES RÉSIDUELLES DU LAC-SAINT-JEAN  
625, RUE BERGERON OUEST  
ALMA (QUÉBEC)  
G8B 1V3**

**PAR:**

**GENNEN INC.  
1437, OLIVAR-ASSELIN  
CHICOUTIMI (QUÉBEC)  
G7H 4L4**

**N/DOSSIER : GEN12080**

**ÉMIS LE 8 OCTOBRE 2012**

**DISTRIBUTION: JONATHAN STE-CROIX  
RÉGIE DES MATIÈRES RÉSIDUELLES DU  
LAC-ST-JEAN  
(5 COPIES)**

## TABLE DES MATIÈRES

---

TABLE DES MATIÈRES .....	1
1.0 INTRODUCTION .....	2
2.0 RÉSUMÉ ÉTUDE ANTÉRIEURE .....	2
3.0 DESCRIPTION DES TRAVAUX .....	3
4.0 DESCRIPTION DU SITE .....	3
5.0 DESCRIPTION DES SONDAGES.....	4
5.1 Forage .....	4
5.2 Tranchées d'exploration.....	5
6.0 STRATIGRAPHIE .....	5
6.1 Sol.....	5
6.2 Roc.....	6
7.0 HYDROGÉOLOGIE .....	7
7.1 Relevés du niveau d'eau.....	7
7.2 Essai de perméabilité .....	8
7.3 Écoulement de la nappe souterraine.....	9
8.0 CONFORMITÉ DU SITE .....	10
9.0 CONCLUSION .....	11
RÉFÉRENCES .....	12

Annexe 1 :	Figures
Annexe 2 :	Coordonnées des sondages
Annexe 3 :	Rapport de forage
Annexe 4 :	Rapport de puits et tranchées
Annexe 5 :	Analyses granulométriques
Annexe 6 :	Coupes
Annexe 7 :	Essais de perméabilité

## 1.0 INTRODUCTION

---

Les services professionnels de Gennen inc. ont été retenus par « La Régie des matières Résiduelles du Lac-St-Jean » (RMR) afin de réaliser une étude hydrogéologique complémentaire au futur lieu d'enfouissement technique (LET) d'Hébertville Station.

Le présent mandat vise à compléter les informations concernant l'hydrogéologie et particulièrement la piézométrie dans le secteur du futur LET de façon à répondre aux exigences du « Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs » (MDDEP). Pour ce faire, la RMR a décidée de procéder à la réalisation de forages supplémentaire afin de mieux comprendre la dynamique des eaux souterraines. Aussi, la Régie a demandée la réalisation de tranchées d'exploration afin d'obtenir plus d'information sur le profil du sol dans le secteur du futur LET.

Les travaux ont été réalisés conformément à notre offre de services PGEN12109 soumise le 17 juillet 2012.

## 2.0 RÉSUMÉ ÉTUDE ANTÉRIEURE

---

Au printemps 2011, la firme LVM a réalisé, pour le compte de la RMR, une étude géotechnique et hydrogéologique au futur LET d'Hébertville. Les travaux ont fait ressortir que le socle rocheux était omni présent sur l'ensemble du site. La conductivité hydraulique (K) du roc varie entre  $2.9 \times 10^{-6}$  à  $4.4 \times 10^{-4}$  m/min. La nappe souterraine dans le roc s'écoule selon différente direction en fonction de la position où l'on se retrouve sur le terrain.

Les eaux souterraines montre une teneur en fer et en manganèse qui est supérieure au critère de l'article 57 du « Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles » (REIMR). Aussi, de l'éthylbenzène a été décelé en PO-5-11 à une teneur supérieur au critère de l'article 57 du REIMR. Les eaux de surface ont fait ressortir des teneurs inférieures aux critères de l'article 53 du REIMR.

*« Les conditions géotechniques du site ne présentent pas d'obstacles majeurs à l'implantation d'un LET ».*

Le site ne peut être aménagé selon les prescriptions des articles 20, 21 et 23 du REIMR. Toutefois, il est possible d'aménager le LET conformément à l'article 22 du REIMR, soit au moyen d'un système d'imperméabilisation à double niveau de protection. Aucun puits d'alimentation en eau potable n'est présent dans un rayon d'un kilomètre. Finalement, le roc est peu perméable et il « *ne possède pas un potentiel hydrique assez important pour être sollicité à un débit permanent de 25m<sup>3</sup>/h à partir d'un puits de captage* ».

### 3.0 DESCRIPTION DES TRAVAUX

---

Les travaux ont été réalisés selon la séquence suivante:

- 1) 8 août 2012: Adjudication du mandat et réunion de démarrage.
- 2) 9 août au 14 août 2012: Visite du site.
- 3) 15 au 21 août 2012: Préparation des accès.
- 4) 21 août 2012: Mobilisation de l'équipe de forage.
- 5) 22 août 2012: Réalisation des tranchées TR-1 à TR-15.
- 6) 22 au 27 août 2012: Réalisation des forages F-1-12 à F-8-12.
- 7) 28 août 2012: Démobilisation de l'équipe de forage.
- 8) 29 août au 7 septembre 2012: Purge des piézomètres F-1-12 à F-8-12.
- 9) 3 et 10 septembre 2012: Mesure du niveau d'eau.
- 10) 3 et 4 septembre 2012: Analyses granulométriques.
- 11) 10 au 14 septembre 2012: Essais de perméabilité.
- 12) 24 septembre et 1er octobre 2012: Relevé d'arpentage.
- 13) 4 et 5 octobre 2012: Fermeture du chantier (récupération des ponceaux, fermeture des chemins).

### 4.0 DESCRIPTION DU SITE

---

Le site à l'étude est localisé à environ 5 km à l'Est de la municipalité d'Hébertville-Station (figures 1 et 2, annexe 1). Il se trouve sur les lots 4 467 180 à 4 467 183, Rang 3 Est, Cadastre Canton de Labarre (annexe 2).

Le LET incluant les bassins de décantation et d'aération fait environ 1 km de longueur par 400 m de largeur. Le site est entièrement boisé et on y retrouve principalement des résineux (épinette). La topographie est légèrement vallonnée laquelle est contrôlée par le socle rocheux. Le terrain se situe à une élévation d'environ 195 m par rapport au niveau moyen de la mer.

Sur le terrain de même que sur les cartes topographiques (figures 2 et 3, annexe 1), on constate que les affleurements rocheux de même que les lacs sont orientés dans le sens de la longueur du LET, soit Nord-Ouest/Sud-Est. L'orientation de ces linéaments est possiblement d'origine structurale suite à la mise en place du massif d'anorthosite. De part et d'autre du LET, les creux topographiques sont comblés par des lacs à une élévation de 180 m. À une élévation supérieure, on retrouve dans les creux topographiques des ruisseaux intermittents ainsi que des dépôts meubles constitués majoritairement de till (moraine).

## 5.0 DESCRIPTION DES SONDAGES

---

Dans le cadre du présent mandat, huit (8) forages (F-1-12 à F-8-12) ainsi que quinze (15) tranchées d'exploration (TR-1 à TR-15) ont été effectués.

### 5.1 FORAGE

Les forages F-1-12 à F-8-12 (figure 3, annexe 1) ont été réalisés du 22 au 27 août 2012. Ils ont été fait par *Forages S.L. inc.* au moyen d'une foreuse modèle CME montée sur chenille. Leur profondeur varie entre 3.50 m (F-6-12) et 4.17 m (F-1-12).

Lorsque présent, les sols étaient échantillonnés par battage d'une cuillère fendue de calibre « N ». Le socle rocheux a été échantillonné au moyen d'un carottier HQ-3. Tous les forages ont été convertis en puis d'observation (piézomètre) de 51 mm (2 pouces) de diamètre. Chacun des piézomètres est muni d'une crépine en PVC de 1.52 m (5 pieds) de longueur avec des ouverture de 0.25 mm. La partie supérieure des forages a été scellée avec de la bentonite afin d'éviter les infiltration d'eau à partir de la surface ou des dépôts meubles présent en bordure du forage. La partie hors-sol des piézomètres (margelle) est protégée par un tubage en HPDE muni d'un couvercle protecteur cadenassable.

Les piézomètres sont illustrés au rapport de forage de l'annexe 3.

## 5.2 TRANCHÉES D'EXPLORATION

Les tranchées d'exploration TR-1 à TR-15 ont été réalisées le 22 août 2012 au moyen d'une rétrocaveuse hydraulique de l'entreprise *Excavation M et M Gaudreault* d'Hébertville-Station. Ils ont atteints des profondeurs variant entre 0.2 m (TR-13) et 4.5 m (TR-5). Au droit de chacune des quinze (15) tranchées, les sols ont été décrits et échantillonnés. Lorsque présente, la profondeur de la nappe souterraine a été estimée.

Il est à noter que tous les accès aux sites de forages et de tranchées ont été fait avec la rétrocaveuse hydraulique. Au total, environ 2.5 km de chemins temporaires ont été fait. À de nombreux endroits, nous avons pu vérifier la nature des sols en bordure de ces chemins. Bien que non répertoriés en terme de tranchée (TR), du matériel a été brassé afin de mettre les chemins temporaires à niveau. En fait, nous pouvons estimer à plus d'une centaine de point de sondage qui ont été fait et la majorité du temps, le socle rocheux était relativement près de la surface du sol (moins de 1 m de profondeur).

La position des tranchées (TR-1 à TR-15 incluant TR-16 et TR-17) est illustrée à la figure 3 de l'annexe 1. Les rapports de puits et tranchées sont présentés à l'annexe 4.

Il est à noter que TR-16 et TR-17 ont été échantillonnés seulement pour fin d'analyse granulométrique.

## 6.0 STRATIGRAPHIE

---

La stratigraphie est relativement simple. On retrouve majoritairement un mince dépôt de sol organique et de till surmontant le roc.

### 6.1 SOL

Les sols qu'on retrouve dans les limites du LET sont constitués d'un mince dépôt de sol organique (végétation et terre noire) surmontant du till (moraine). Le till est constitué de sable fin à moyen de couleur gris compact avec en quantité variable du silt, du gravier et des cailloux.

Par contre, les tranchées TR-2, TR-5, TR-8 ont été fait dans un creux topographique. Ce linéament orienté Nord-Ouest/Sud-Est a été comblé majoritairement par de la matière organique. En bref, on retrouve à la base de ces sondages du till qui est surmonté par de la végétation en décomposition. En TR-2, ce dépôt organique atteint 3.6 m (12 pieds) d'épaisseur. Des arbres de près de 30 cm de diamètre y ont été excavés. Nous sommes d'avis qu'auparavant, il devait s'écouler un ruisseau à cet endroit. Avec le temps, ce creux topographique a été en partie rempli avec du matériel organique. Encore aujourd'hui, ce linéament sert d'exutoire pour l'évacuation des eaux de précipitation et souterraine de la partie centrale du LET. Ce linéament s'étend jusqu'au forage PO-6 de LVM.

Au total, seize (16) analyses granulométriques (annexe 5) ont été fait sur des échantillons de sol prélevés des différents sondages.

Nous avons illustrés au moyen de coupes stratigraphiques (annexe 6) la faible épaisseur des dépôts meubles du secteur.

## 6.2 Roc

Le roc a été atteint dans tous les forages et les tranchées d'exploration. Celui-ci est composé majoritairement d'anorthosite souvent appelé dans la région granite noir. Ce massif d'anorthosite a percé la croûte terrestre il y a au moins 500 millions d'années. Le magma de composition felsique s'est refroidi pour former l'anorthosite. Ce type de roche est composé de feldspath plagioclasse. Ce type de silicate ( $Si_2O_8$ ) contient également du sodium et du calcium dans sa structure cristalline.

Dans l'ensemble, le roc est sain et peu fracturé. Les fractures qu'on observe sur les affleurements rocheux ont été causées par les cycles de gel-dégel. Dans les forages, le roc possède un RQD qui est généralement de plus de 80%. La plupart du temps, les fractures qu'on observe sur les carottes de roc sont des micro fissures qui ont été ouvertes mécaniquement lors du forage.

Au droit du forage F-6-12, le roc est de nature granitique. Les fractures qui sont formés sont remplies de minéraux d'altération telle la chlorite. Ce forage se situe dans une saigné qui est orientée Nord-Sud. Celle-ci peut être en lien avec la zone de cisaillement identifiée à la figure 3 du rapport de LVM ou être une fraction plus felsique de type granite-mangérite (différenciation du magma lors de la mise en place de l'intrusif d'anorthosite). Cette différence de composition de la roche, anorthosite-granite, peut créer des plans préférentiels d'érosion. Ce linéament Nord-Sud où se trouve F-6-12 s'étend sur près de 1.5 km (figure 2, annexe 1). Il semble originer à 500 m au Nord de F-6-12,

traverse le LET entre l'extrémité Ouest du LET et les bassins et s'étend jusqu'au lac situé au Sud du LET (branche Nord-Sud du lac).

## 7.0 HYDROGÉOLOGIE

---

Tous les sondages ont été relevés par *Girard Tremblay Gilbert Arpenteurs-géomètres* à Alma. Les coordonnées x, y et z sont géodésiques, coordonnées SCOPQ (NAD 83) fuseau 7, modèle de géoïde : CGG00E.

Il est important de noter qu'il y a un écart entre les données altimétriques de l'arpenteur et le fond de plan topographique qui nous a été fourni par la RMR. Toutefois, le plan est fidèle de la topographie du site. Nous considérons que les élévations fournies par l'arpenteur sont les vraies élévations. Cependant, afin de tracer les équipotentielles, nous avons dû utiliser les données du plan topographique. Pour fin de comparaison, nous avons identifié au tableau 1 de la section 7.1 l'élévation du niveau de l'eau selon le plan topographique et selon les données de l'arpenteur. De plus, il est important de préciser que les directions d'écoulement de la nappe sont les mêmes dans les deux cas.

### 7.1 RELEVÉS DU NIVEAU D'EAU

Des mesures du niveau de l'eau souterraine ont été faites les 3 et 10 septembre 2012. Les résultats obtenus sont présentés au tableau 1.

Tableau 1 : Élévation de la nappe souterraine, 3 et 20 septembre 2012

Sondage	Élévation au sol (m)	Élévation de la nappe 3 septembre 2012		Élévation de la nappe 10 septembre 2012		Élévation du sol (m) Arpenteur	Élévation de l'eau (m) 20 sept. 2012
		Profondeur (m)	Élévation (m)	Profondeur (m)	Élévation (m)		
F-1-12	190.2	0.90	189.30	0.58	189.62	188.29	187.71
F-2-12	196.8	2.53	194.27	2.02	194.78	196.58	194.56
F-3-12	202	1.70	200.30	1.09	200.91	198.68	197.59
F-4-12	205.4	0.59	204.81	0.41	204.99	201.01	200.60
F-5-12	203	Sec à 3.69	<199.31	Sec à 3.69	<199.31	202.24	<198.55
F-6-12	191.6	2.36	189.24	1.60	190.0	185.29	183.69
F-7-12	201	1.18	199.82	0.71	200.29	196.55	195.84
F-8-12	196.5	2.30	194.20	1.28	195.22	194.68	193.40
PO-2	195.54	2.11	193.43	1.92	193.62	195.54	193.62
PO-4	198	1.49	196.51	1.32	196.68	-	-
PO-5	196.5	1.54	194.96	1.33	195.17	-	-
PO-6	196	0.28	195.72	0.20	195.80	193.74	193.54
PO-7	190	0.50	189.50	0.20	189.80	-	-
PO-8	196.5	1.37	195.13	1.18	195.32	195.33	194.15

On constate que la nappe souterraine dans le roc est relativement près de la surface. Elle se trouve généralement entre 0.5 et 1.5 m de profondeur par rapport à la surface du sol.

## 7.2 ESSAI DE PERMÉABILITÉ

Des essais de perméabilité à charge hydraulique à niveau ascendant ont été réalisés du 10 au 14 septembre 2012 dans les huit (8) puits d'observation. Ces essais consistent à retirer un volume d'eau à l'aide d'une pompe manuelle Waterra à clapet afin de rabattre le niveau de l'eau dans du piézomètre. Les données de remontée du niveau d'eau en fonction du temps sont prises au moyen d'une sonde à niveau d'eau manuelle et d'un chronomètre. L'interprétation des données se fait à l'aide de la méthode de Hvorslev (1951) afin de déterminer la conductivité hydraulique in situ du massif rocheux. Les données recueillies lors de ces essais de même que leur interprétation sont joint à l'annexe 7.

Les données expérimentales de l'essai (niveau d'eau et temps) sont portées sur un graphique en fonction du temps. On peut ensuite déterminer la perméabilité (K) par l'équation:

$$K = \frac{r^2 \ln(L/R)}{2LT_0}$$

où r: rayon du tubage de PVC (cm)

L: longueur de la zone de recharge (cm)

R: rayon de la zone de recharge (cm)

T<sub>0</sub>: le temps requis pour que le niveau d'eau remonte à 37% du niveau statique mesuré avant l'essai (secondes)

Les résultats obtenus de ces essais sont présentés au tableau 2 et à l'annexe 7.

Tableau 2 : Essai de perméabilité

Sondage	Conductivité hydraulique (K)	
	m/min	cm/s
F-1-12	1.5 x 10 <sup>-5</sup>	2.4 x 10 <sup>-5</sup>
F-2-12	2.0 x 10 <sup>-5</sup>	3.3 x 10 <sup>-5</sup>
F-3-12	2.6 x 10 <sup>-5</sup>	4.3 x 10 <sup>-5</sup>
F-4-12	5.2 x 10 <sup>-6</sup>	8.7 x 10 <sup>-6</sup>
F-6-12	1.1 x 10 <sup>-5</sup>	1.8 x 10 <sup>-5</sup>
F-7-12	1.6 x 10 <sup>-5</sup>	2.7 x 10 <sup>-5</sup>
F-8-12	1.1 x 10 <sup>-5</sup>	1.8 x 10 <sup>-5</sup>

On constate que K est de l'ordre de 4 x 10<sup>-5</sup> cm/s ou 2.5 x 10<sup>-5</sup> m/min. Ces valeurs indiquent une conductivité hydraulique qui est relativement faible mais légèrement supérieure à ce que l'on mesure dans des sols du type argile.

### 7.3 ÉCOULEMENT DE LA NAPPE SOUTERRAINE

Pour déterminer la direction d'écoulement de la nappe souterraine au sein du socle rocheux, nous avons utilisé les données du 10 septembre 2012. Nous avons tracés les courbes équipotentielles à la figure 4 de l'annexe 1.

L'ensemble des forages ont permis de statuer sur la direction d'écoulement locale de la nappe. De ce fait, on constate que les équipotentielles correspondent avec la topographie du roc. Ainsi, dans les limites du LET, la nappe se dirige vers le centre du site, soit en direction du linéament qui rejoint, entre autre, les sondage TR-2, TR-5, TR-8 et PO-6. En s'approchant des limites du LET, la nappe souterraine va s'écouler vers l'extérieur du site. Ceci est particulièrement visible à la limite Ouest du LET (forage F-4-12) ainsi que dans le secteur des bassins.

Le gradient hydraulique horizontale ( $i_h$ ) varie de 0.04 (4%) à 0.16 (16%). De façon générale,  $i_h$  est de 0.08 (8%), ce qui est relativement élevé.

En utilisant l'équation de Darcy :

$$v = \frac{K i_h}{n^e} \quad \text{où :}$$

$v$  = vitesse d'écoulement de la nappe

$K$  = conductivité hydraulique

$i_h$  = gradient hydraulique horizontal

$n^e$  = porosité effective

Et en utilisant les valeurs suivantes :

$K = 4 \times 10^{-5}$  cm/s ou  $2.5 \times 10^{-5}$  m/min (mesuré)

$i_h \approx 0.08$  (mesuré)

$n^e = 0.3$  (estimé)

On obtient une vitesse d'écoulement de la nappe dans la partie superficielle du roc de 3.5 m/an.

Il est important de noter que dans une fracture ouverte, l'écoulement sera beaucoup plus rapide.

Avec ces résultats, on peut considérer que le potentiel aquifère est très faible. Il est impossible qu'on puisse soutirer un débit d'eau important (25 m<sup>3</sup>/h ou 110 GUSPM) de la partie investiguée (partie superficielle) du socle rocheux.

## 8.0 CONFORMITÉ DU SITE

---

Étant donné que la perméabilité du roc est supérieure à  $1 \times 10^{-6}$  cm/s et comme mentionné dans le rapport de LVM, le LET devra avoir un double niveau de protection.

## 9.0 CONCLUSION

---

Suite à l'ensemble des travaux effectués, on constate que le socle rocheux contrôle la topographie des lieux. Le roc composé majoritairement d'anorthosite se trouve généralement entre 0.5 et 1.5 m de profondeur. Toutefois, il affleure à de nombreux endroits. Les affleurements rocheux de même que les lacs sont orientés selon un axe Nord-Ouest/Sud-Est. Ces linéaments sont probablement d'origine structurale.

Un de ces linéaments est présent dans la partie centrale du LET. Il se trouve dans l'axe TR-2, TR-5, TR-8 et PO-6. Un second linéament passe au droit de F-6-12. Il est orienté Nord-Sud et s'étend sur au moins 1.5 km de longueur. En F-6-12, le roc est de composition granitique. Cette roche peut être en lien avec une zone de cisaillement présente au Nord du LET ou être une fraction plus felsique de l'intrusif d'anorthosite.

Le roc est relativement sain et possède un RQD variant entre 80 et 100%.

Les sols présents au site sont formés majoritairement de till (moraine). Des sols organiques (tourbe) sont présents dans le linéament passant au centre du LET (TR-2, TR-5, TR-8 et PO-6).

La nappe souterraine au sein de la partie superficielle du roc se trouve à environ 1.0 m de profondeur. Dans le LET, la nappe s'écoule vers la partie centrale du site. Lorsqu'on s'approche de la périphérie du LET, la nappe s'écoule vers l'extérieur du site. En fait, l'écoulement souterrain est contrôlé par la topographie du roc. La vitesse d'écoulement de la nappe est de l'ordre de 3.5 m/an.

Étant donné que la perméabilité du roc est de  $4 \times 10^{-5}$  cm/s (supérieur à  $1 \times 10^{-6}$  cm/s), le LET devra être muni d'une double protection.

Espérant le présent document complet et à votre entière satisfaction, nous vous prions d'agrèer, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

**GENNEN INC.**

Donald Tremblay, Ing. M.Sc.A. M.Env., hydrogéologue

DT/mp



---

GENNEN INC.

## RÉFÉRENCES

---

- Hvorslev M.J. (1951). Time lag and soil permeability in groundwater observations. Waterways experiment station, U.S. Army Corps. Eng., 36, Vicksburg, Mississippi, USA. 84 p.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). 2011. Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles (REIMR).
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). 2011. Système d'information hydrogéologique (SIH)
- Système d'information géominier du Québec. 2010. Carte géologique SIGEOM 22D05.
- Ministère des richesses naturelles du Québec. 1978. Dépôts meubles du Saguenay-Lac-Saint-Jean.
- Dessau-LVM. Étude géotechnique et hydrogéologique - LET Hébertville-Station (mars 2011). No. de projet P038704.