

GÉNIVAR

ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE

**Recherche en eau souterraine et
implantation du puits de production
Ville de Malartic**

Rapport d'étude

Mai 2006



Experts-conseils en environnement

**Une division de Groupe Consultants inc.
203, avenue St-Charles
Vaudreuil-Dorion (Québec) J7V 2L4**

Dossier n° 1383-06-05

GÉNIVAR

ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE

Recherche en eau souterraine et implantation du puits de production PP-6 Ville de Malartic

Remise à :

Monsieur Réjean Fournier, ing.
GÉNIVAR
1462, rue de la Québécoise
Val d'Or (Québec)
J9P 5H4

Préparée par :

Donat Bilodeau

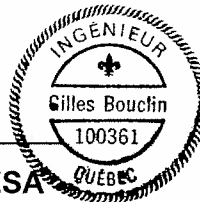
Donat Bilodeau, ing.
Hydrogéologue



Et :

Gilles Bouclin

Gilles Bouclin, ing., M. Sc., EESA



Approuvée par :

Ronald Piché

Ronald Piché, B. Sc., B. Éd., EESA
Président

Table des matières

	PAGE
1. MISE EN SITUATION	1
2. MANDAT	1
3. LOCALISATION ET MILIEU PHYSIQUE.....	2
4. ACTIVITÉS HUMAINES	5
5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	5
6. TRAVAUX EFFECTUÉS	7
6.1 Recherche en eau	7
6.2 Construction du puits	7
6.3 Développement.....	7
7. ESSAIS DE POMPAGE	8
7.1 Essai de pompage en paliers.....	8
7.2 Essai de pompage de longue durée	8
7.3 Calcul de la transmissivité	9
8. QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE	10
8.1 Analyses bactériologiques	10
8.2 Analyses physico-chimiques	12
9. VULNÉRABILITÉ À LA CONTAMINATION DE SURFACE (INDICE DRASTIC).....	17
10. AIRE D'ALIMENTATION ET PÉRIMÈTRES DE PROTECTION	20
10.1 Aire d'alimentation	20
10.2 PÉRIMÈTRES DE PROTECTION.....	21
10.2.1 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION IMMÉDIATE.....	21
10.2.2 PÉRIMÈTRES DE PROTECTION RAPPROCHÉE	21
11. IMPACT SUR LES AUTRES USAGERS	24
12. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	24
13. IMPACT SUR LA SANTÉ PUBLIQUE.....	25
14. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	25
15. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	27

Liste des figures

	PAGE
FIGURE 1 - Localisation du site	3
FIGURE 2 - Localisation du puits et des forages exploratoires.....	4
FIGURE 3 - Coupe stratigraphique A-A'.....	6
FIGURE 4 - Aire d'alimentation du puits PP-6	23

Liste des tableaux

	PAGE
TABLEAU 1 - Résultats de l'analyse de transmissivité	10
TABLEAU 2 - Résultats d'analyses bactériologiques.....	11
TABLEAU 3 - Résultats d'analyses de l'observation microscopique.....	11
TABLEAU 4 - Résultats d'analyses physico-chimiques	12
TABLEAU 5 - Résultats d'analyses des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).....	14
TABLEAU 6 - Résultats d'analyses des hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) et des HP C ₁₀ - C ₅₀	15
TABLEAU 7 - Résultats d'analyses des pesticides.....	16
TABLEAU 8 - Indice de vulnérabilité DRASTIC dans le secteur du puits PP-6.....	19

Liste des annexes

- ANNEXE 1 - Description des forages

- ANNEXE 2 - Données de l'essai de pompage par paliers

- ANNEXE 3 - Données de l'essai de pompage de longue durée

- ANNEXE 4 - Certificats d'analyses

- ANNEXE 5 - Photographies

- ANNEXE 6 - Réponses du CDPNQ

1. Mise en situation

La source d'alimentation en eau souterraine exploitée actuellement par la Ville de Malartic ne suffit pas à la demande. Effectivement, le suivi piézométrique démontre une diminution persistante et critique du niveau de la nappe exploitée. Durant plusieurs années, la recharge artificielle de la nappe libre a permis de compenser l'incapacité naturelle de l'esker exploité à fournir la demande. Cette pratique maintenant prohibée en raison du risque de contamination doit être remplacée par l'exploitation d'une nouvelle source d'alimentation en eau souterraine.

2. Mandat

GCE Consultants a été mandaté par *Génivar* afin de superviser un programme de recherche en eau souterraine et d'implanter un ouvrage de captage d'eau souterraine d'une capacité suffisante pour pallier aux problèmes d'alimentation en eau potable.

Les activités suivantes ont été effectuées lors de l'étude : la réalisation de 18 forages exploratoires (FE-01/06 à FE-18/06), de 3 tranchées d'exploration (TR-1 à TR-3), l'aménagement d'un puits de production (PP-6), la réalisation d'essais de pompage par paliers et de longue durée (99 heures), l'échantillonnage de l'eau pour fins d'analyses ainsi que la rédaction d'un rapport d'étude hydrogéologique.

Tous les travaux réalisés par *GCE Consultants* ont été effectués conformément aux exigences du *Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP)*, du *Règlement modifiant le RQEP*, du *Règlement sur le captage des eaux souterraines* et des guides du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), le cas échéant.

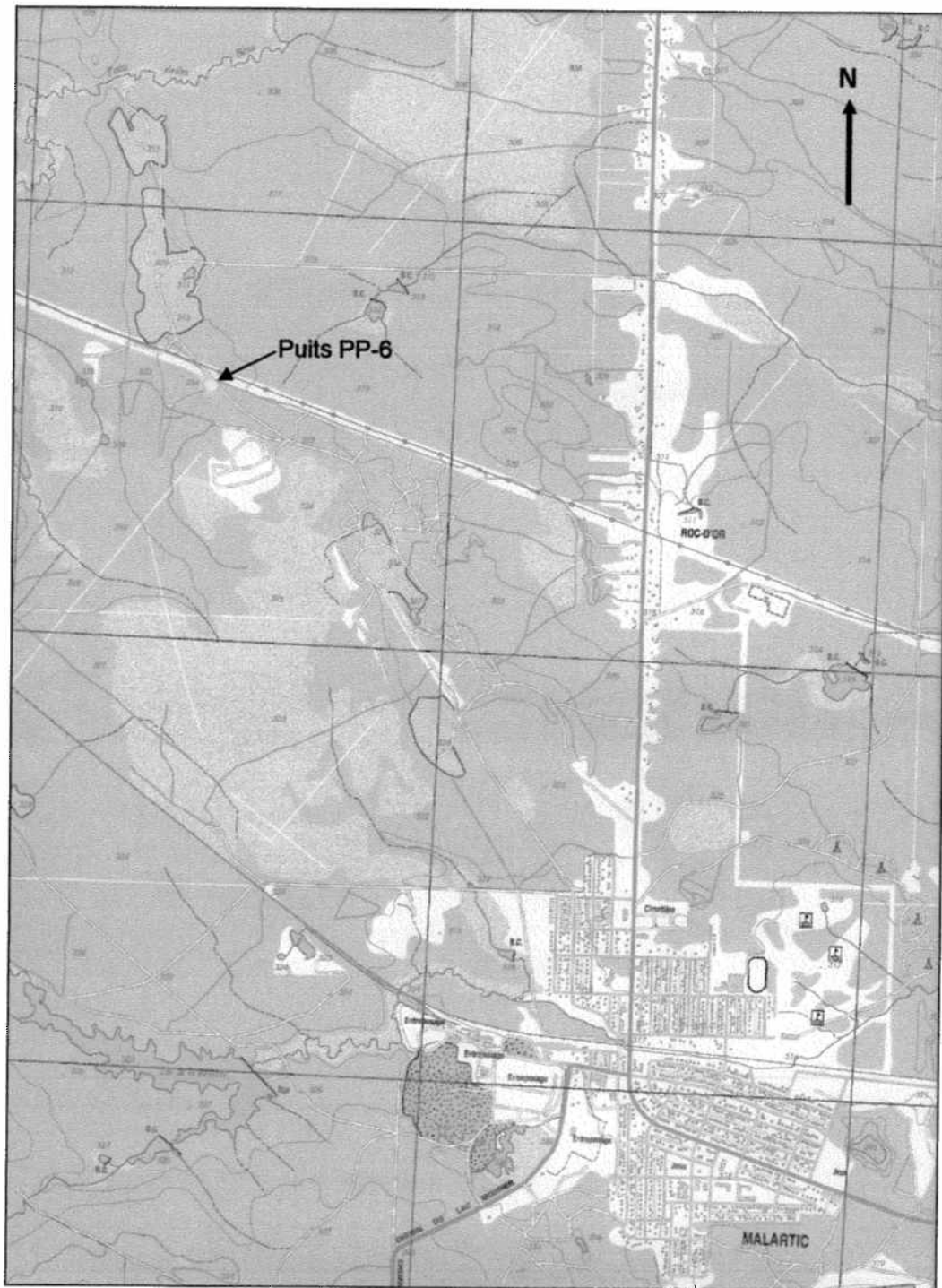
Tout au long de ces travaux, les intervenants de *Génivar* et de la Ville de Malartic ont été consultés quant à la sélection des sites de forage.

3. Localisation et milieu physique

Les travaux ont été effectués sur le territoire de la ville de Malartic. Le puits de production PP-6 est situé au sud d'une ligne haute tension d'Hydro-Québec et au nord-ouest des puits existants de la ville. Les coordonnées MTM (NAD 83, fuseau 10) du puits de production PP-6 sont approximativement 5 337 180 mN et 404 840 mE. La carte de localisation est présentée à la figure 1.

Le puits PP-6 a été aménagé au droit du forage exploratoire FE-18/06. Il est situé sur la crête d'un esker au relief peu accentué par rapport à la topographie régionale. Le puits n'est pas situé dans une zone inondable et son élévation est de l'ordre de 330,63 mètres. Dans le secteur étudié, les eaux de surface s'écoulent vers le NNO, soit vers la Petite rivière Héva. Il est à noter que l'aquifère à l'étude est situé presque complètement à l'intérieur d'une zone réservée à l'eau potable par décret. La figure 2 présente une carte de localisation du puits de production et des forages exploratoires.

FIGURE 1 - Localisation du site



Tiré de la carte topographique Malartic 1 :20 000 32D01-200-0202

4. Activités humaines

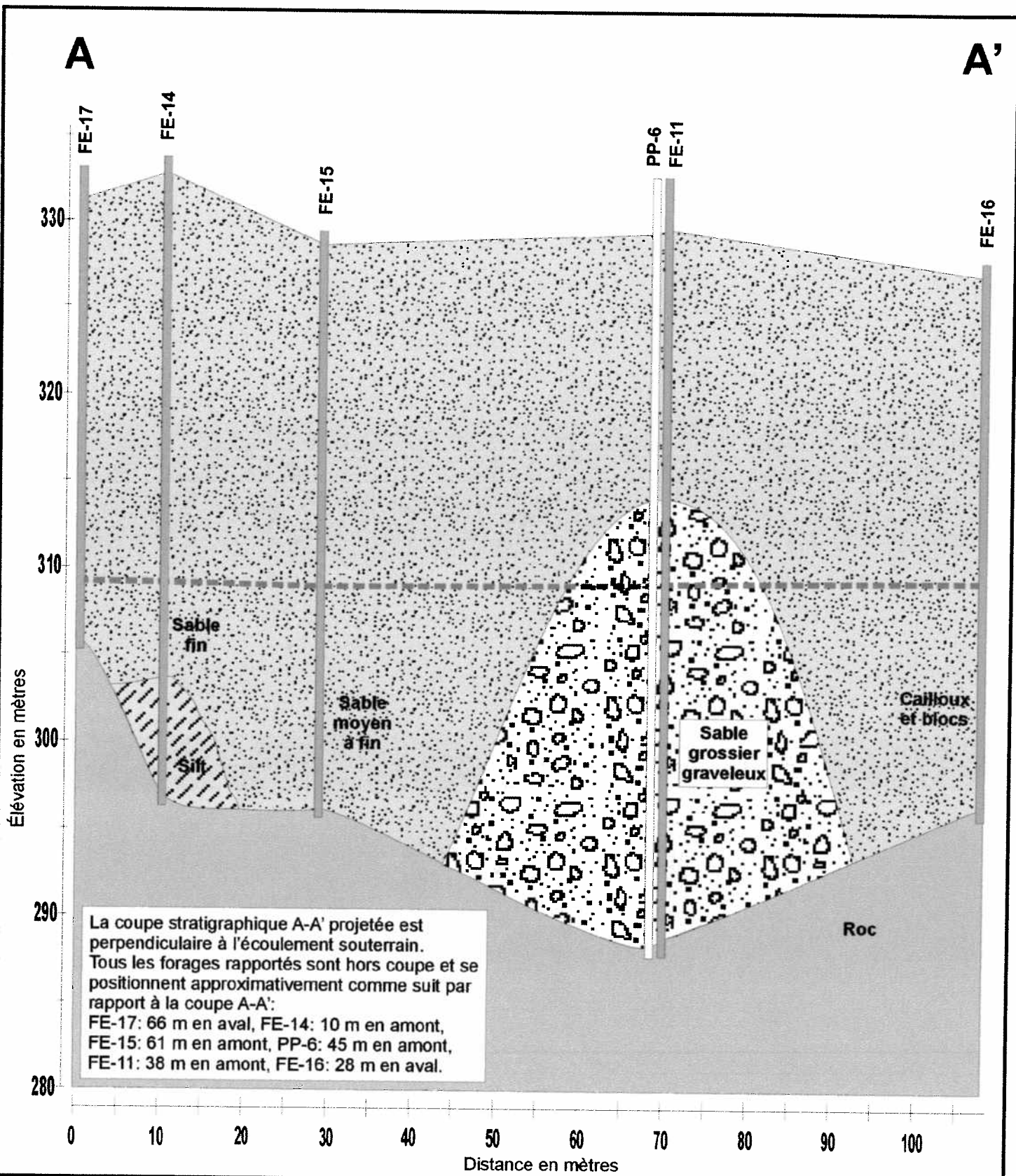
Le puits de production PP-6 est situé dans un secteur vacant et boisé au NNO de la ville de Malartic. Un chemin carrossable non pavé est situé à quelques mètres au nord du puits. Une ligne haute tension d'Hydro-Québec et un banc d'emprunt sont localisés au nord du puits à environ 30 mètres et 250 mètres, respectivement. Des milieux humides sont situés entre 500 mètres et 1 km principalement à l'ouest et au sud du puits. Les deux puits municipaux actuellement exploités par la Ville, la mine *East-Amphi* et le site d'enfouissement désaffecté municipal sont localisés à un peu plus de 1 km du puits PP-6.

Les principales activités humaines pratiquées dans le secteur sont l'utilisation des sentiers par des véhicules tout-terrain (VTT) et l'exploitation d'un banc d'emprunt. La Ville de Malartic a d'ailleurs transmis une demande au ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) pour que ce dernier soit fermé. Il est aussi fort probable que la ligne haute tension d'Hydro-Québec soit entretenue par l'application de pesticides. Enfin, une coupe forestière a été effectuée à environ 200 mètres au sud-est du puits PP-6.

5. Contexte hydrogéologique

Le dépôt granulaire à l'étude est d'origine glaciaire et constitue un segment d'esker. La stratigraphie recoupée au droit des différents forages réalisés dans le secteur du puits PP-6 indique la présence d'un aquifère à nappe libre. L'aquifère semble avoir la forme d'un cordon granulaire et on remarque un abaissement du roc au droit du puits et de la formation aquifère exploitable. La coupe stratigraphique A-A' localisée en plan à la figure 2 et présentée à la figure 3 illustre le contexte hydrogéologique dans l'axe perpendiculaire à l'écoulement de l'eau souterraine.

L'eau souterraine s'écoule du sud-est vers le nord-ouest en amont du puits PP-6 et prend une direction presque nord en aval du puits. Le gradient hydraulique est de l'ordre de 0,001. L'eau souterraine de l'aquifère fait résurgence aux abords de la Petite rivière Héva.



Experts-conseils en environnement

203, avenue St-Charles
 Vaudreuil-Dorion (Québec) J7V 2L4
 Téléphone : (450) 455-1921
 Télécopieur : (450) 455-1922
 groupeconsulteaux@consulteaux.com

Titre	Coupe stratigraphique A-A' projetée	
Projet	Étude hydrogéologique - Malartic N/D 1383-06-05	

Dessiné par Mélanie Raynauld	Vérifié par Ronald Piché	Approuvé par Donat Bilodeau, ing.	Échelle	Date Mai 2006	Figure : Figure 3
--	------------------------------------	---	---------	-------------------------	-----------------------------

6. Travaux effectués

6.1 Recherche en eau

En février 2006, 13 forages exploratoires et 3 tranchées ont été réalisés sur l'ensemble du territoire de la ville de Malartic (photographies 1 et 2, annexe 5).

Trois secteurs potentiels quant à la qualité d'eau ont été mis en évidence aux forages FE-02/06, FE-11/06 et FE-12/06. Puisque le secteur du FE-02/06 est occupé par un camping et que le FE-12/06 est localisé sur la propriété du golf, le secteur du FE-11/06 a été retenu pour l'implantation du nouveau puits. Par ailleurs, le FE-11/06 étant dans l'emprise d'une ligne haute tension d'Hydro-Québec, de nouveaux forages d'essais ont été entrepris afin de confirmer un potentiel équivalent au FE-11/06 hors des limites de la ligne haute tension et du chemin existant. À cet effet, la réalisation de 5 forages exploratoires (FE-14/06 à FE-18/06) a été nécessaire en mars et en avril 2006. Le PP-6 a finalement été construit au droit du FE-18/06, les forages en périphérie n'ayant pu confirmer une capacité hydraulique comparable au FE-11/06.

6.2 Construction du puits

Le forage du puits PP-6 a été réalisé du 3 au 6 avril 2006 dans le FE-18/06 à l'aide d'une foreuse de type *Foremost DR-12* permettant l'avancement du tubage par rotation simultanément au carottage du trou (photographies 3 et 4, annexe 5). Par cette méthode, le forage de 300 mm de diamètre a été avancé jusqu'à 41,15 mètres de profondeur. Par la suite, une crépine en acier inoxydable de 4 mètres de longueur et de 200 mm de diamètre, soudée à un tubage d'acier de même diamètre, a été installée dans le forage. Progressivement à la mise en place d'une lanterne de sable autour de la crépine, le tubage de 300 mm a été retiré. Aucune anomalie n'a été observée lors de l'essai de verticalité du puits.

La description de la stratigraphie au droit des forages est présentée à l'annexe 1.

6.3 Développement

Le puits PP-6 a été développé à l'air comprimé pendant 8 heures jusqu'à l'obtention d'une eau libre de particules solides. Par la suite, celui-ci a été soumis à un essai de pompage par paliers de 30 à 150 minutes et à un essai de pompage de longue durée (99 heures) au taux de 1 660 m³/jour. Des échantillons d'eau ont été prélevés pour fins d'analyses à trois intervalles. Tous les travaux et essais ont été supervisés par un représentant de *GCE Consultants*.

7. Essais de pompage

7.1 Essai de pompage en paliers

Un essai de pompage par paliers a été réalisé le 9 avril 2006 au puits PP-6 afin d'évaluer les caractéristiques hydrauliques du puits. Au total, cinq paliers d'une durée variant de 30 à 150 minutes ont été réalisés aux débits de 899, 1 145, 1 445, 1 608 et 1 799 m³/jour. Les données et graphiques de l'essai de pompage par paliers sont présentés à l'annexe 2.

Étant donné la bonne performance de l'ouvrage lors de cet essai, le débit a été fixé à 1 660 m³/jour pour l'essai de pompage de longue durée. Toutefois, l'analyse démontre que le débit d'exploitation à long terme ne doit pas dépasser 1 500 m³/jour, puisque au-delà de ce débit, l'efficacité du puits diminue de façon importante. D'après l'analyse de l'essai en paliers, le puits PP-6 a un pourcentage d'écoulement laminaire de 83 % et une perte de charge de 0,11 cm au débit de 1 500 m³/jour. À ce débit, la capacité spécifique du puits PP-6 est de 1 107 m³/jour par mètre de rabattement.

L'analyse d'efficacité effectuée au puits PP-6 témoigne de l'efficacité de l'ouvrage et permet de conclure sur la bonne conception du puits et sur le développement adéquat.

7.2 Essai de pompage de longue durée

Un essai de pompage d'une durée de 99 heures a été effectué au puits PP-6 du 10 au 14 avril 2006 au débit constant de 1 660 m³/jour. Les niveaux d'eau ont été enregistrés dans le puits ainsi que dans 22 piézomètres situés de 6 mètres à un peu plus de 4,5 kilomètres du puits. La remontée du niveau d'eau a été suivie pendant 22 heures à la suite de l'arrêt du pompage. Les tableaux de données ainsi que les graphiques de l'essai de pompage 99 heures sont joints à l'annexe 3.

L'eau souterraine pompée pendant l'essai a été rejetée à environ 300 mètres à l'est du puits, de façon à éviter la recirculation de l'eau dans l'aquifère. L'essai a toutefois subi l'influence de la réalimentation par la fonte des neiges. L'effet de cette recharge a été enregistré par la plupart des piézomètres. On observe même une stabilisation du niveau de l'eau dans le piézomètre FE-11 situé à 6 mètres du puits d'essai.

Le graphique C1 illustre le suivi de l'élévation des niveaux d'eau en temps réel pendant et après le pompage pour tous les piézomètres suivis. Les piézomètres dont les niveaux d'eau sont supérieurs à l'élévation de 310 mètres n'ont pas été considérés pour les graphiques suivants puisqu'ils ne sont pas dans la même formation aquifère.

Le graphique C2 présente le rabattement des niveaux d'eau en fonction du temps à l'échelle logarithmique pendant l'essai de pompage. Tel que présenté sur le graphique, le rabattement au puits d'essai a été corrigé pour la nappe libre. Le rabattement s'est stabilisé dans le piézomètre FE-11 pendant les 6 dernières heures de pompage. Cette stabilisation peut s'expliquer par la recharge de l'aquifère produite par la fonte des neiges. Ce graphique illustre également la remontée du niveau d'eau de la source et des piézomètres en aval du puits d'essai. L'allure de la courbe du rabattement au puits PP-6 démontre la présence de frontières négatives.

Afin de statuer sur le potentiel à long terme de la formation aquifère et de prescrire un débit d'exploitation pour le puits PP-6, il est recommandé de réaliser un essai de pompage de longue durée en période d'étiage estival.

Le graphique C3 présente le rabattement résiduel en fonction de T/t' . Après 22 heures de remontée, on note un rabattement résiduel de 14 centimètres au puits PP-6 et de 15 centimètres au piézomètre FE-11.

7.3 Calcul de la transmissivité

Les données de l'essai de pompage ont été analysées à l'aide de la méthode de Cooper-Jacob en rabattement (graphiques C2) et de l'analyse du graphique du rabattement-distance. Les résultats ont été comparés à la méthode de la capacité spécifique théorique de Johnson pour un puits 100 % efficace ainsi qu'au résultat obtenu par la formule de Dupuit. Le tableau 1 présente les résultats obtenus.

TABLEAU 1 - Résultats de l'analyse de transmissivité

<i>Méthode</i>		<i>Transmissivité (m²/jour)</i>	<i>Épaisseur saturée (m)</i>	<i>Conductivité hydraulique (m/jour)</i>
Cooper-Jacob		1 900	-	-
Johnson (puits 100% efficace)		1 645	-	-
Dupuit	FE-11	1 734	-	-
Hazen	FE-11	1 728	20	86,4

La transmissivité qui semble la plus représentative de l'aquifère est estimée à environ 1 760 m²/jour. Au droit du puits PP-6, l'épaisseur saturée est d'environ 20 mètres. La conductivité hydraulique est donc de l'ordre de 88 m/jour (1,0 x 10⁻¹ cm/s).

8. Qualité de l'eau souterraine

Des analyses d'eau ont été effectuées au puits PP-6 après 24, 48 et 99 heures de pompage par un laboratoire dûment accrédité par le MDDEP. Afin de vérifier si l'utilisation de pesticides par Hydro-Québec pour l'entretien de la ligne haute tension pouvait porter atteinte à l'aquifère étudié, des paramètres ciblés pour détecter ces produits ont été analysés à la fin de l'essai de pompage. Les certificats d'analyses sont présentés à l'annexe 4. À la fin de l'essai de pompage, l'eau était visuellement limpide et sans particule.

8.1 Analyses bactériologiques

Comme le témoigne les résultats d'analyses présentés au tableau 2, l'eau du puits PP-6 est potable, aucune bactérie de type coliforme ou streptocoque fécal et aucun virus coliphage n'a été dénombré.

TABLEAU 2 - Résultats d'analyses bactériologiques

Paramètres	Unités	Résultats d'analyses			Normes ⁽¹⁾
		10 avr. 2006 (24 heures)	11 avr. 2006 (48 heures)	12 avr. 2006 (99 heures)	
Coliformes totaux	UFC/100 ml	< 1	< 1	< 1	10
Bactéries atypiques	UFC/100 ml	< 1	< 1	< 1	200
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	< 1	< 1	< 1	0
Streptocoques fécaux	UFC/100 ml	N/A	N/A	< 1	0
Virus coliphages	/100 ml	N/A	N/A	Absence	0

(1) Règlement sur la qualité de l'eau potable (MDDEP)

N/A : non applicable

Conformément au *Guide de conception des installations de production d'eau potable* (septembre 2002), l'observation microscopique a été effectuée sur un échantillon d'eau prélevé après 99 heures de pompage. Seules des matières particulaires et des particules minérales ont été observées (tableau 3).

TABLEAU 3 - Résultats d'analyses de l'observation microscopique

Paramètres	Unités	Puits PP-6 12 avril 2006 (99 heures)
Algues-Chlorophycées	nombre/L	N/D
Algues-Bacillariophycées (diatomées)	nombre/L	N/D
Algues-Cyanobactéries	nombre/L	N/D
Algues-Cryptophycées	nombre/L	N/D
Algues-Chrysophycées	nombre/L	N/D
Protozoaires	nombre/L	N/D
Rotifères	nombre/L	N/D
Larves et débris d'insectes	nombre/L	N/D
Débris de plante	nombre/L	N/D
Pigments d'algues	---	N/A
Grains de pollen	---	Absence
Matières particulaires	---	Présence
Particules minérales	---	Présence
Autres particules	---	Absence

N/D : Non détecté

8.2 Analyses physico-chimiques

À l'exception du pH qui est légèrement inférieur à la norme après 24 heures de pompage, tous les paramètres analysés respectent les normes ou les différentes recommandations. Ainsi, l'eau est saine pour la consommation humaine.

TABLEAU 4 - Résultats d'analyses physico-chimiques

Paramètres	Unités	Résultats d'analyses			Normes RQEP ⁽¹⁾ ou recommandations
		10 avr. 2006 (24 heures)	11 avr. 2006 (48 heures)	12 avr. 2006 (99 heures)	
Alcalinité (totale en CaCO ₃)	mg/l	22	21	21	---
Couleur vraie	UCV	<2	<2	<2	< 15 ⁽²⁾
Turbidité	UTN	<0,1	0,2	0,4	---
Chlorures (Cl)	mg/l	0,26	N/A	0,25	250 ⁽²⁾
Cyanures totaux	mg/l	<0,01	N/A	<0,01	0,2
Carbone organique dissous	mg/l	0,32	0,29	0,38	---
Carbone organique total	mg/l	0,32	0,39	0,37	---
Conductivité	µS/cm	56	N/A	54	< 1 500 ⁽³⁾
Fluorures (F)	mg/l	<0,08	N/A	<0,1	1,5
Anions sulfures (S=)	mg/l	<0,020	<0,020	<0,020	0,05 ⁽²⁾
Bicarbonates (HCO ₃) en CaCO ₃	mg/l	22	N/A	21	---
Mercure (Hg)	mg/l	<0,0001	N/A	<0,0001	0,001
Azote ammoniacal	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	---
Nitrites (N)	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	1
Nitrites et Nitrates (N)	mg/l	0,04	0,03	<0,02	10
pH (mesuré sur place)	pH	6,4	6,5	6,5	6,5 - 8,5
Température (mesurée sur place)	°C	6,6	6,4	6,1	< 15
Sulfates (SO ₄)	mg/l	5,9	N/A	5,3	500 ⁽²⁾
Arsenic (As)	mg/l	<0,002	N/A	<0,002	0,025
Bore (B)	mg/l	<0,05	N/A	<0,05	5
Baryum (Ba)	mg/l	<0,03	N/A	<0,03	1
Calcium (Ca)	mg/l	6,1	5,7	5,6	---
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,001	N/A	<0,001	0,005
Chrome (Cr)	mg/l	<0,03	N/A	<0,03	0,05
Cuivre (Cu)	mg/l	<0,003	N/A	<0,003	1,0 ⁽²⁾

N/A : non applicable

(1) Règlement sur la qualité de l'eau potable (MDDEP).

(2) Santé Canada, 1997.

(3) Valeur recommandée selon les règles de l'art, les normes américaines, européennes ou l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

TABLEAU 4 - Résultats d'analyses physico-chimiques (suite)

Paramètres	Unités	Résultats d'analyses			Normes RQEP ⁽¹⁾ ou recommandations
		10 avr. 2006 (24 heures)	11 avr. 2006 (48 heures)	12 avr. 2006 (99 heures)	
Fer (Fe)	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,3 ⁽²⁾
Fer dissous (Fe)	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	---
Magnésium (Mg)	mg/l	1,5	1,5	1,4	---
Dureté (CaCO ₃)	mg/l	22	20	20	< 180 - 200 ⁽³⁾
Manganèse (Mn)	mg/l	<0,003	<0,003	<0,003	0,05 ⁽²⁾
Manganèse dissous (Mn)	mg/l	<0,003	<0,003	<0,003	---
Sodium (Na)	mg/l	2,1	N/A	2,2	200 ⁽²⁾
Plomb (Pb)	mg/l	<0,001	N/A	<0,001	0,01
Sélénium (Se)	mg/l	<0,001	N/A	<0,001	0,01
Uranium (U)	mg/l	<0,02	N/A	<0,02	0,02
Zinc (Zn)	mg/l	<0,009	N/A	<0,009	5,0 ⁽²⁾
Azote total Kjeldahl (NTK)	mg/l	<0,4	0,5	0,4	---
Absorbance à 254 nm	/cm	<0,005	<0,005	<0,005	---
Solides totaux	mg/l	54	32	50	---
Solides dissous totaux	mg/l	51	32	49	---
Bromures (Br-)	mg/l	< 0,1	N/A	<0,1	---

N/A : non applicable

(1) Règlement sur la qualité de l'eau potable (MDDEP).

(2) Santé Canada, 1997.

(3) Valeur recommandée selon les règles de l'art, les normes américaines, européennes ou l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Étant donné la présence d'un banc d'emprunt et d'une ligne haute tension d'Hydro-Québec à proximité du puits PP-6, l'analyse des hydrocarbures pétroliers C₁₀ - C₅₀, des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et monocycliques (HAM) ainsi que celle des pesticides ont été réalisées sur un échantillon prélevé après 99 heures de pompage au puits PP-6. Les tableaux 5 à 7 présentent les résultats. Tous les paramètres relatifs aux hydrocarbures respectent les critères de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* et ceux des pesticides respectent les normes du RQEP. Les concentrations des différents paramètres sont d'ailleurs inférieures à la limite de détection analytique.

TABLEAU 5 - Résultats d'analyses des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Paramètres	Unité	Puits PP-6 12 avr. 2006 (99 heures)	Critère MDDEP (1)
Acénaphthène	µg/l	<0,05	67
Anthracène	µg/l	<0,03	11 000 000
Benzo(a)anthracène	µg/l	<0,02	4,9
Benzo(b+j+k)fluoranthène	µg/l	<0,04	4,9
Benzo(a)pyrène	µg/l	<0,008	0,01 ⁽²⁾
Chrysène	µg/l	<0,03	4,9
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/l	<0,02	4,9
Fluoranthène	µg/l	<0,01	2,3
Fluorène	µg/l	<0,01	1 400 000
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	<0,01	4,9
Naphtalène	µg/l	<0,03	340
Phénanthrène	µg/l	<0,01	30
Pyrène	µg/l	<0,01	1 100 000

(1) Critère *Résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts* selon la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, MENV, 2002.

(2) Critère *Eau pour fin de consommation*, selon la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, MENV, 2002.

TABLEAU 6 - Résultats d'analyses des hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) et des HP C₁₀ - C₅₀

Paramètres	Unité	Puits PP-6 12 avr. 2006 (99 heures)	Critère MDDEP (1)
Benzène	µg/l	<0,2	5
Chlorobenzène	µg/l	<0,2	30
1,2-Dichlorobenzène	µg/l	<0,2	3
1,3-Dichlorobenzène	µg/l	<0,1	15 000 (2)
1,4-Dichlorobenzène	µg/l	<0,2	1
Éthylbenzène	µg/l	<0,1	2,4
Styrène	µg/l	<0,1	20
Toluène	µg/l	<0,1	24
Xylènes totaux	µg/l	<0,4	300
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀	µg/l	<100	3 500 (2)

(1) Critère *Eau pour fin de consommation* selon la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, MENV, 2002.

(2) Critère *Résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts* selon la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, MENV, 2002.

TABLEAU 7 - Résultats d'analyses des pesticides

Paramètres	Unité	Puits PP-6 12 avr. 2006 (99 heures)	Normes RQEP (1)
Bendiocarbe	µg/l	<0,2	40
Atrazine et ses métabolites	µg/l	<0,3	5
Azinphos-méthyle	µg/l	<0,3	20
Carbaryl	µg/l	<0,2	90
Carbofurane	µg/l	<0,2	90
Chloropyrifos	µg/l	<0,2	90
Cyanazine	µg/l	<0,2	10
Diazinon	µg/l	<0,2	20
Diquat	µg/l	<15	70
Diméthoate	µg/l	<0,2	20
Diuron	µg/l	<0,3	150
Glyphosate	µg/l	<10	280
Malathion	µg/l	<0,2	190
Méthoxychlore	µg/l	<0,03	900
Métolachlore	µg/l	<0,2	50
Métribuzine	µg/l	<0,2	80
Paraquat	µg/l	<0,60	10
Parathion	µg/l	<0,2	50
Phorate	µg/l	<0,2	2
Simazine	µg/l	<0,2	10
Phorate	µg/l	<0,2	2
Simazine	µg/l	<0,2	10
Terbufos	µg/l	<0,2	1
Trifluraline	µg/l	<0,2	45
Pesticides aryloxyacides			
Bromoxynil	µg/l	<0,4	5
Dicamba	µg/l	<0,6	120
2,4-D	µg/l	<0,03	100
Piclorame	µg/l	<0,06	190
Dinosèbe	µg/l	<0,4	10
Diclofop-méthyle	µg/l	<0,2	9

(1) Règlement sur la qualité de l'eau potable (MDDEP).

Les résultats d'analyses montrent une eau d'excellente qualité. En effet, tant du point de vue bactériologique que physico-chimique, cette eau correspond à toutes les exigences du RQEP pour la distribution d'eau potable. Toutefois, le pH étant égal à la limite inférieure de la norme exigée par le RQEP, une correction de ce dernier serait souhaitable.

On notera d'excellente qualité organoleptique confirmée par l'absence de fer, de manganèse, de couleur et de turbidité. Toutefois, le calcul de l'indice d'agressivité place cette eau à un niveau très corrosif avec un indice égal à 8,9. Ainsi, l'équilibre calco-carbonique idéal pour la protection des réseaux de distribution et des accessoires de plomberie n'est pas atteint. Ce type d'eau peut provoquer la corrosion du réseau et l'apparition d'eau rouge, une diminution de la vie utile du réseau de distribution et un risque de solubilisation du plomb dans les résidences dont le branchement particulier est en plomb.

9. Vulnérabilité à la contamination de surface (indice DRASTIC)

L'indice de vulnérabilité DRASTIC¹ est une méthode ou système normalisé qui permet une évaluation quantitative du potentiel de contamination des nappes d'eau souterraine à l'aide des conditions hydrogéologiques prévalant dans la région concernée. Chacun de ces paramètres est quantifié en lui attribuant une valeur numérique pondérée. L'indice DRASTIC est la somme des produits obtenus pour chacun des paramètres considérés. Plus l'indice est élevé, plus la vulnérabilité à la contamination de surface est élevée. L'indice d'un aquifère varie dans une plage allant de 23 à 226. Il peut également être exprimé en pourcentage de la façon suivante :

$$\%DRASTIC = 100 \times \frac{(IndiceDRASTIC - 23)}{203}$$

¹ ALLER, L., T. BENNETT, J.-H. LEHR *et al.*, 1987. DRASTIC : A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential using Hydrogeologic Settings, report N° EPA-600/2-87-035, National Water Well Association, Ohio.

Le tableau 8 montre l'indice de vulnérabilité en fonction de l'information recueillie sur le secteur à l'étude. L'indice DRASTIC calculé au droit du puits est de 168 ou 71 %, ce qui démontre que l'aquifère a une vulnérabilité élevée à la contamination de surface. Les indices DRASTIC calculés pour les piézomètres FE-14, FE-15 et FE-17 donnent des valeurs de 124 à 165 qui indiquent une vulnérabilité moyenne à élevée. De plus, les piézomètres situés en aval du puits (FE-07 et TR-2) présentent des indices très élevés de vulnérabilité à la contamination de surface (indice DRASTIC de 203). Étant donné la grande vulnérabilité de la nappe d'eau, il est recommandé de limiter les activités permises dans ce secteur et plus particulièrement l'épandage de pesticides sous la ligne de transmission électrique.

Malgré la faible protection géologique naturelle, d'après l'indice DRASTIC élevé, la qualité de l'eau extraite pendant l'essai de pompage de 99 heures est excellente.

TABLEAU 8 - Indice de vulnérabilité DRASTIC dans le secteur du puits PP-6

Site	D		R		A		S		T		I		C		Indice DRASTIC sans pesticide	Indice DRASTIC pesticides
	Profondeur de la nappe		Recharge efficace		Formation aquifère		Sol		Topographie		Impact de la zone vadose		Conductivité hydraulique			
	Descr. (m)	Cote	Descr. (mm)	Cote	Description	Cote	Description	Cote	Descr.	Description	Cote	Descr. (cm/s)	Cote			
PP-6 et FE-11	20.3	3	>250	9	sable moyen à grossier	9	absent	10	2.00%	10	sable fin tr. à un peu de silt	6	1.00E-01	10	168	202
FE-14	23.4	2	>250	9	sable et silt	5	absent	10	2.00%	10	sable moyen, tr. à un peu de silt	6	1.00E-03	1	124	167
FE-15	19.8	3	>250	9	sable fin à graveleux	8	absent	10	2.00%	10	sable fin tr. de silt	6	1.00E-01	10	165	199
FE-17	23.1	2	>250	9	sable graveleux	7	absent	10	2.00%	10	sable fin tr. à un peu de silt	6	1.00E-01	10	157	191
TR-2	2.4	9	>250	9	gravier sablonneux	9	absent	10	2.00%	10	sable fin à grossier tr. silt	7	1.00E-01	10	203	236
FE-07	1.9	9	>250	9	sable fin à grossier, tr. silt	9	absent	10	2.00%	10	sable fin à grossier tr. silt	7	1.00E-01	10	203	236
FE-01	13.1	5	<50	1	sable fin un peu de silt à silteux	5	absent	10	2.00%	10	sable fin un peu de silt à silteux	4	1.00E-04	1	97	142

10. Aire d'alimentation et périmètres de protection

Il importe de déterminer l'aire d'alimentation et les périmètres de protection associés aux puits d'approvisionnement afin d'identifier des sources de pollution potentielle et de définir, le cas échéant, des mesures de prévention.

10.1 Aire d'alimentation

L'aire d'alimentation de l'ouvrage de captage est la portion de l'aquifère à l'intérieur de laquelle toute goutte d'eau cheminera vers le puits. Dans un aquifère isotrope et homogène, l'aire d'alimentation prend la forme d'une parabole ouverte dans le sens du gradient et s'étend jusqu'à la ligne de partage des eaux ou jusqu'à une zone de réalimentation de la nappe phréatique. Les équations suivantes permettent d'évaluer la forme et l'étendue de l'aire d'alimentation pour une nappe captive isotrope et homogène.

$$A = \frac{Q}{2\pi Ti} \quad L = \frac{Q}{Ti} \quad B = \frac{L}{2}$$

Où T : transmissivité de l'aquifère : 1 760 m²/jour;
 I : gradient hydraulique : 0,001;
 Q : débit d'exploitation maximal : 1 500 m³/jour.

Les résultats pour un gradient de 0,001 sont les suivants :

A (distance entre la limite aval de la zone d'appel et le puits) \approx 136 mètres;
 B (largeur de l'aire d'alimentation au droit du puits) \approx 426 mètres;
 L (largeur maximale de l'aire d'alimentation) \approx 852 mètres.

L'aire d'alimentation calculée à partir des paramètres de l'essai est présentée à la figure 4. D'après l'interprétation réalisée à partir des photographies aériennes, nous avons tracé la limite des sables superficiels qui sont susceptibles de contribuer à la réalimentation de la formation aquifère. La figure 4 illustre également cette limite.

En supposant une recharge effective de 300 mm par année, la recharge pour la surface réceptrice interprétée d'environ 1,8 km² est évaluée à 1 500 m³/jour.

L'aire d'alimentation couvre un secteur principalement boisé. Une ligne de haute tension et quelques routes carrossables non pavés ainsi que des sentiers de VTT la traversent. Près de la limite de partage des eaux, un milieu humide est également présent.

10.2 Périmètres de protection

Le *Règlement sur le captage des eaux souterraines* (RCES) exige la détermination des périmètres de protection autour des nouveaux ouvrages de captage. Ce sont des périmètres à l'intérieur desquels les activités potentiellement polluantes doivent être contrôlées, voire interdites. Deux types de périmètres de protection sont considérés : immédiat (périmètre clôturé) et rapproché (bactériologique et virologique).

10.2.1 Périmètre de protection immédiate

Le périmètre de protection immédiate circonscrit une aire de protection qui vise à protéger l'ouvrage de captage lui-même et ses équipements. Le périmètre de protection immédiate correspond à un rayon minimal de 30 mètres autour d'un ouvrage de captage. Une clôture sécuritaire d'une hauteur minimale de 1,8 m doit être installée aux limites de l'aire de protection immédiate. Une affiche doit y être apposée indiquant la présence d'une source d'eau souterraine destinée à des fins de consommation humaine. La finition du sol, à l'intérieur de cette aire, doit être réalisée de façon à prévenir le ruissellement d'eau. Il est recommandé de ne tolérer aucune activité autre que celles liées à la production d'eau potable à l'intérieur de cette zone.

10.2.2 Périmètres de protection rapprochée

Le RCES exige la délimitation de périmètres de protection bactériologique et virologique autour d'un puits d'approvisionnement en eau potable. Les distances peuvent être établies sur la base d'un temps de migration des eaux souterraines de 200 jours pour le périmètre de protection bactériologique et un temps de migration de 550 jours pour le périmètre de protection virologique.

Le *Guide de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captages d'eau souterraine* du MENV propose l'approche analytique de Bear (1979) pour calculer les périmètres.

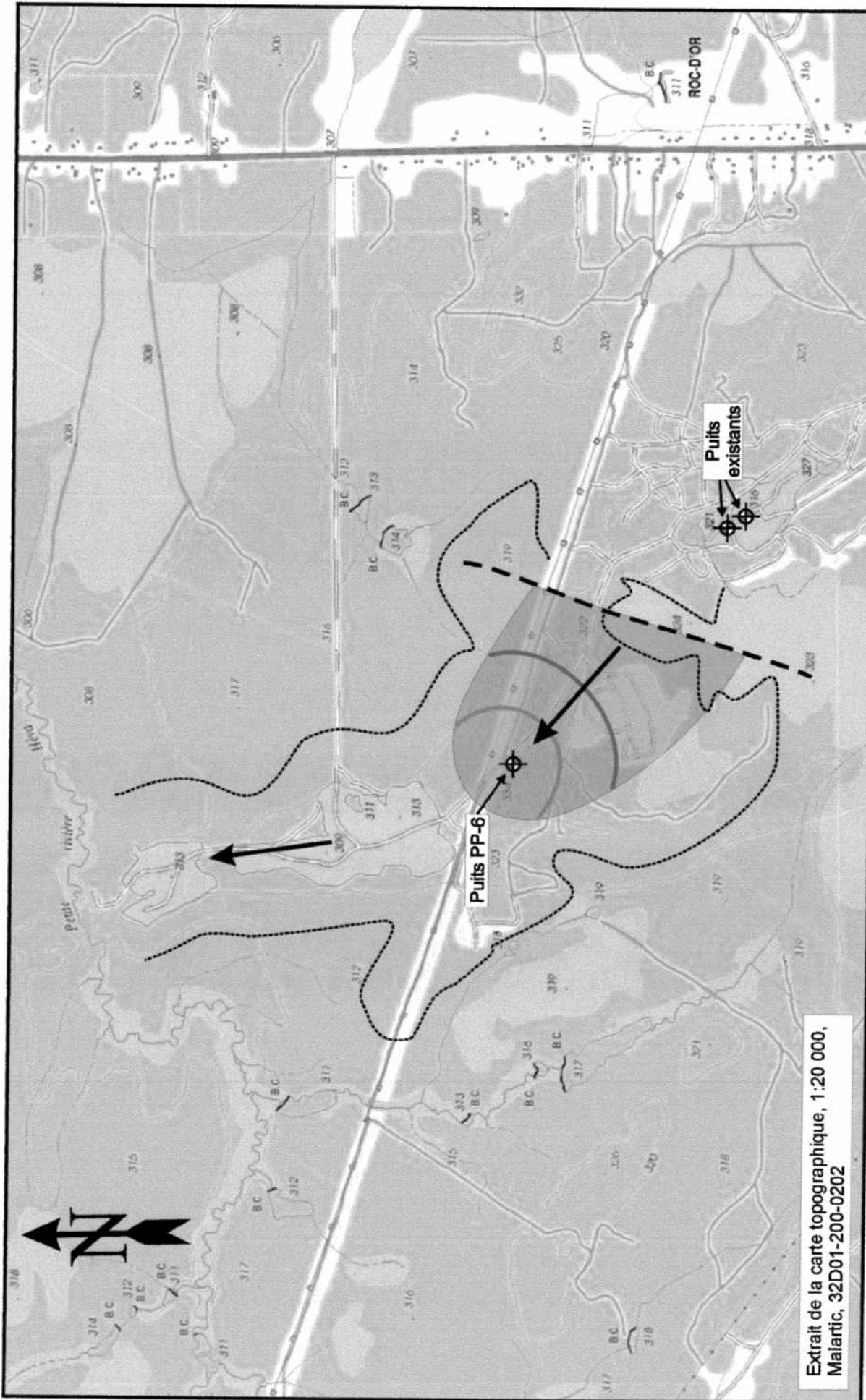
$$t = \frac{nd}{Ki} - \frac{Qn}{2\pi K^2 i^2 b} \ln \left(1 + 2\pi \frac{Kbid}{Q} \right)$$

Paramètre	Valeur utilisée
Transmissivité (T)	1 760 m ² /jour
Épaisseur saturée du milieu aquifère (b)	20 m
Conductivité hydraulique (K)	88 m/jour
Gradient hydraulique régional (i)	0,001
Porosité efficace (n)	0,25
Débit moyen d'exploitation (Q)	1 500 m ³ /jour








Les résultats concernant les périmètres de protection sont les suivants :

Temps de migration (t)	Distance (d)
200 jours	189 m
550 jours	373 m

Les périmètres de protection bactériologique et virologique sont illustrés à la figure 4.



Extrait de la carte topographique, 1:20 000,
Malaric, 32D01-200-0202

 <i>Experts-conseils en environnement</i> Dessiné par Mélanie Raynaud	Approuvé par Ronald Piché	Vérifié par Ronald Piché	Échelle 1:16 800	Date Mai 2006	Figure : Figure 4
	Titre Aire d'alimentation et périmètres de protection				
Projet Étude hydrogéologique - Malaric N/D 1383-06-05					
Légende <ul style="list-style-type: none">  Aire d'alimentation  Périmètre de protection bactériologique  Périmètre de protection virologique  Limite de partage des eaux  Dépôt de sable de surface  Écoulement de l'eau souterraine 					

11. Impact sur les autres usagers

Aucune résidence n'est présente dans l'aire d'alimentation du puits de production PP-6. Les résidences desservies par un puits sont principalement situées le long de la route St-Paul Sud à un peu plus de 2 km à l'est du puits PP-6. Les résidents de la ville de Malartic sont desservis par le réseau d'aqueduc. Ce réseau est actuellement alimenté par deux puits situés dans un banc d'emprunt désaffecté hors de l'aire d'alimentation du puits PP-6.

Selon le système d'information hydrogéologique du MDDEP, six puits sont situés dans un rayon de 1 000 mètres du puits de production PP-6. Trois d'entre eux sont situés dans l'aire d'alimentation du puits dont un qui est toutefois situé près de la limite de partage des eaux. Il s'agit probablement d'anciens piézomètres aménagés pour une recherche en eau. Une investigation serait souhaitable pour définir l'usage de ces puits et connaître leur état actuel.

12. Impact sur l'environnement

Dans le cadre de la demande d'autorisation au MDDEP, un inventaire du milieu (faune et flore) doit être réalisé et ce dernier n'est pas complété à ce jour. Toutefois, sur la base de notre connaissance du secteur et des données accumulées, nous sommes d'avis que l'exploitation du puits PP-6 n'aura pas d'impact significatif sur la faune, la flore, les cours d'eau et les écosystèmes environnants.

Une demande d'information a été adressée à la Direction régionale de l'Abitibi-Témiscamingue du MDDEP et du MRNF. Ces deux ministères ont effectué une recherche auprès de la banque de données du Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) afin de vérifier la présence d'espèces animales et végétales menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées dans le secteur du puits de production PP-6. Leur réponse indique l'absence de telles espèces sur le territoire du projet ou à l'intérieur d'un périmètre d'influence de ce dernier (annexe 6). Toutefois, la présence d'habitats à rats musqués, d'aire de concentration d'oiseaux aquatiques et de frayères à l'intérieur d'un rayon de 8 km du projet a été soulignée. Le MRNF et le MDDEP ont également précisé que la banque de données du CDPNQ ne fait pas de distinction entre les territoires inventoriés et non inventoriés. Ainsi, leur avis ne peut être considéré comme étant une confirmation de la présence ou de l'absence d'espèces en situation précaire, seul un inventaire exhaustif du terrain pourrait confirmer ces informations.

13. Impact sur la santé publique

Les résultats d'analyses des échantillons prélevés lors de l'essai de pompage de longue durée montrent une eau d'excellente qualité. Toutefois, la présence d'une ligne haute tension d'Hydro-Québec à proximité du puits demeure un risque potentiel de contamination par les pesticides. De plus, la présence de bancs d'emprunt dans le voisinage immédiat doit faire l'objet d'une préoccupation constante même s'ils ne sont pas situés dans l'aire d'alimentation du puits PP-6. Enfin, la corrosivité de l'eau devra être corrigée de manière à diminuer la solubilisation des métaux avec lesquels l'eau est en contact. Dans ce contexte, la solubilisation du plomb (soudure ou entrée de service) est préoccupante.

14. Conclusions et recommandations

La présente étude hydrogéologique permet de formuler les conclusions suivantes :

- Le puits PP-6 exploite un aquifère à nappe libre dans des dépôts granulaires.
- L'essai de pompage par paliers a démontré que le débit d'exploitation ne doit pas dépasser 1 500 m³/jour. Au débit de 1 500 m³/jour, le puits PP-6 a une capacité de 1 107 m³/jour par mètre de rabattement. Il a un pourcentage d'écoulement laminaire de l'ordre de 83 % et une perte de charge d'environ 11 cm.
- L'essai de pompage de 99 heures a confirmé que le puits peut soutirer un débit de 1 660 m³/jour. La transmissivité calculée à la suite de cet essai est de l'ordre de 1 760 m²/jour. À la fin de l'essai, le rabattement dans le puits n'a pas atteint la stabilisation malgré la recharge résultant de la fonte des neiges en cette période, ce qui témoigne de la présence de frontières géologiques dont le comportement reste à être défini à l'aide d'un essai de pompage longue durée. Ce dernier est donc recommandé en période d'étiage estival afin de statuer sur le potentiel aquifère à long terme et établir ainsi le débit d'exploitation sécuritaire à long terme. Cet essai de pompage est planifié pour le mois d'août 2006.
- L'indice DRASTIC de 168 indique que la formation aquifère libre a une vulnérabilité élevée à la contamination de surface dans le secteur du puits PP-6. De plus, l'indice DRASTIC, variant de 124 à 165 pour les forages réalisés dans le secteur du puits PP-6, démontre que l'aquifère dans le secteur du puits et des sablières en aval a une vulnérabilité moyenne à élevée. Il sera donc nécessaire de s'assurer de la bonne protection de ce territoire.

- L'aire d'alimentation calculée à partir des paramètres de l'essai de pompage du puits PP-6 est présentée sous forme parabolique à la figure 4. Sur cette même figure, la superficie susceptible de contribuer à la réalimentation de la formation aquifère est également représentée. Cette superficie englobe des sablières dont certaines sont encore exploitées et localisées à moins de 1 km en aval du puits PP-6. Les activités associées à une telle exploitation peuvent potentiellement affecter la qualité de l'eau souterraine. Par conséquent, il est recommandé que l'exploitation des sablières s'effectue sans qu'elles ne portent préjudice à la qualité de l'eau souterraine.
- Outre les bancs d'emprunt, peu d'activités sont pratiquées à l'intérieur de l'aire d'alimentation située dans un secteur principalement boisé. Les plus importantes sont la présence d'une ligne haute tension d'Hydro-Québec et de chemins carrossables non pavés ainsi que de sentiers de VTT. Étant donné la grande vulnérabilité de la nappe d'eau, il est recommandé de limiter les activités permises dans ce secteur et plus particulièrement, l'épandage de pesticides sous la ligne électrique.
- L'aire de protection bactériologique (temps de migration de 200 jours) atteint 189 mètres alors que l'aire de protection virologique (temps de migration de 550 jours) atteint 373 mètres dans les conditions de l'essai de pompage.
- L'essai de pompage de longue durée (99 heures) démontre que l'eau est d'excellente qualité. En effet, tant du point de vue bactériologique que physico-chimique, cette eau correspond à toutes les exigences du RQEP pour la distribution d'eau potable. Toutefois, l'eau est très corrosive et le pH est bas, il serait donc souhaitable de corriger l'équilibre calco-carbonique ainsi que le pH.
- Nous sommes d'avis que l'exploitation du puits PP-6 n'aura pas d'impact significatif sur les autres usagers, la santé public et l'environnement.

15. Références bibliographiques

ALLER, L., T. BENNETT, J.-H. LEHR *et al.*, 1987. *DRASTIC : A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential using Hydrogeologic Settings*, report N° EPA-600/2-87-035, National Water Well Association, Ohio.

Dessau-Soprin inc. *Ville de Malartic – Approvisionnement en eau potable*. Val d'Or, Septembre 2002.

Chapuis, R.P., *Guide des essais de pompage et leurs interprétations*, Les publications du Québec, Sainte-Foy, 1999.

W. G. Heck & Associates inc. *Aquifer Test at Well 1/67*. Michigan, 16 octobre 1967.