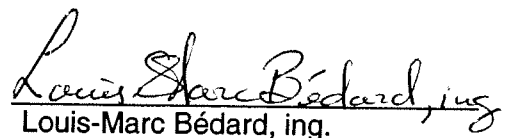


Ville de Malartic

Approvisionnement en eau potable


Étude hydrogéologique de la demande d'autorisation pour les installations de captage d'eau souterraine

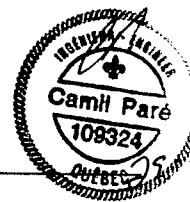
Préparé et
approuvé par :


Louis-Marc Bédard, ing.
Hydrogéologue senior
Chargé de discipline



Et :


Camil Paré, ing.
Chargé de projet



09-2003

Dessau-Soprin inc.
1023, 3^e avenue ouest
Val-d'Or (Québec) J9P 1T6
Téléphone : (819) 825-1353
Télécopieur : (819) 825-1130
Courriel : val-dor@dessausoprin.com
Site Web : www.dessausoprin.com

Septembre 2003
N/Réf. : 270025-400

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1 INTRODUCTION.....	1
1.1 MANDAT	1
1.2 DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET.....	1
2 LOCALISATION ET DESCRIPTION DE LA ZONE DU PROJET	3
2.1 MILIEU PHYSIQUE	3
2.1.1 Localisation cadastrale.....	3
2.1.2 Climat	4
2.1.3 Géologie générale.....	4
2.2 MILIEU HUMAIN	5
2.2.1 Affectations des sols	5
2.2.2 Usages antérieurs.....	5
2.2.3 Sources potentielles de contamination.....	5
3 INSTRUMENTATION.....	6
4 GÉOLOGIE	8
5 INSTALLATION DE CAPTAGE.....	9
6 HYDROGÉOLOGIE	10
6.1 DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES.....	10
6.1.1 Essai de pompage en paliers de débit	10
6.1.2 Essai de pompage longue durée à débit constant.....	11
6.1.3 Direction de l'écoulement souterrain et gradient hydraulique	11
6.1.4 Rayon d'influence	12
6.2 AIRE D'ALIMENTATION.....	13
6.3 AIRE DE PROTECTION IMMÉDIATE	15
6.4 AIRES DE PROTECTION BACTÉRIOLOGIQUE ET VIROLOGIQUE.....	15
6.5 RECHARGE	17
6.6 INDICE DE VULNÉRABILITÉ SELON LA MÉTHODE "DRASTIC"	18
7 QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE.....	19
7.1 ANALYSES EFFECTUÉES.....	19
7.2 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	19

TABLE DES MATIÈRES

8	IMPACT SUR LES AUTRES USAGERS	20
9	IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.....	21
10	IMPACT SUR LA SANTÉ PUBLIQUE	22
11	CONCLUSION	23
12	RECOMMANDATIONS.....	24

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A PORTÉE ET LIMITATION DE L'ÉTUDE

ANNEXE B RAPPORTS DE FORAGES

ANNEXE C CERTIFICATS D'ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES

ANNEXE D RAPPORTS D'ESSAI DE POMPAGE

ANNEXE E CERTIFICATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

ANNEXE F FIGURES

ANNEXE G TABLEAUX

1 INTRODUCTION

1.1 MANDAT

La ville de Malartic capte de l'eau souterraine comme source d'approvisionnement en eau potable à l'aide des puits P-4 et P-5 au débit moyen combiné de 2029 m³/d. La figure A présentée à l'annexe F situe la zone d'étude.

La firme Dessau-Soprin inc. a été mandatée par la ville de Malartic pour remplacer le puits P-4 par un autre puits plus performant. Plus, spécifiquement, le mandat incluait :

- Des travaux de prospection pour choisir un emplacement propice au puits de remplacement;
- L'implantation du puits de remplacement;
- La réalisation d'essais hydrauliques pour mesurer les paramètres hydrogéologiques du nouveau puits et déterminer les conditions d'exploitation sûre et durable de l'aquifère;
- La vérification de la qualité de l'eau souterraine.

Le présent rapport décrit les résultats de la collecte des données et des travaux de terrain. Le rapport fait également la synthèse des données et des recommandations sont proposées pour les conditions de pompage futures du site.

La portée et les limitations de cette étude hydrogéologique sont présentées à l'annexe A.

1.2 DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET

Les travaux de prospection pour choisir un emplacement propice au puits de remplacement se sont déroulés du 21 au 27 juin 2003 et ont consisté en la réalisation de deux forages de reconnaissance stratigraphique (échantillons de sol prélevés à la cuillère-fendue en tarières évidées et analyses granulométriques) aménagés en puits d'observation crépinés de 51 mm de diamètre (nominal 2 pouces). Il s'agit du puits d'observation PO-03-1 situé à environ 74 m à l'ouest-nord-ouest du puits P-4 et du puits PO-03-2 situé à environ 74 m au nord-est du puits P-4.

Le secteur du PO-03-2 s'est avéré être le plus propice et a été retenu pour l'aménagement du nouveau puits d'exploitation PE-03-1, remplaçant le puits P-4, et d'un puits d'observation supplémentaire, PO-03-3. Les travaux de forage et d'aménagement de ces puits se sont déroulés du 22 au 29 juillet, puis du 12 au 14 août 2003.

La figure B présente la localisation des puits et des puits d'observation. Les rapports de forages détaillés des nouveaux puits sont présentés à l'annexe B.

Les travaux de développement du puits PE-03-1 ont eu lieu les 15 et 16 août 2003. Un essai de pompage par paliers de débit a été tenu le 17 août, et l'essai de pompage longue durée (72 heures) à débit constant du 18 au 21 août 2003. La présentation et l'analyse des données des essais hydrauliques est l'objet du chapitre 6.

Des échantillons d'eau souterraine ont été prélevés après 24, 48 et 72 heures de pompage. La présentation et l'analyse des résultats d'analyse sont présentées au chapitre 7.

À la suite de ces travaux, des recommandations ont été faites concernant les conditions d'exploitation de l'aquifère.

Les sections suivantes décrivent de manière plus détaillée les différentes phases des travaux réalisés.

2 LOCALISATION ET DESCRIPTION DE LA ZONE DU PROJET

2.1 MILIEU PHYSIQUE

La ville de Malartic est située dans la région de l'Abitibi dans le secteur nord-ouest du Québec. Le site à l'étude est situé au nord-ouest de la ville, du côté ouest de la route 117. Les coordonnées U.T.M. du site de pompage sont approximativement de:

Nord : 5 338 000 m
Est : 712 500 m

La figure A présentée en annexe situe la zone d'étude.

La physiographie de la région à l'étude est typique du Bouclier Canadien. Le paysage régional est constitué de quelques lacs (Lac Malartic au nord et lac de la Réserve au sud) et de nombreux cours d'eau (ruisseaux, Petite Rivière-Heva et Rivière Malartic). Le roc est couvert de dépôts meubles d'origine glacio-lacustre (sables fins, limons et argiles varvées) et fluvio-glaciaire (esker). De petits dépôts de till sont présents çà et là sur le territoire à l'étude de même que des tourbières.

Le secteur à l'étude présente des élévations qui varient entre 305 et 330 m au-dessus du niveau moyen de la mer.

Le réseau hydrographique s'est développé au travers des dépôts meubles présents dans les dépressions topographiques et le long des structures géologiques. Le cours principal de la rivière Malartic se situe à plus de 3 kilomètres à l'est du site d'étude. À l'exception des excavations ayant servi à la recharge artificielle de l'aquifère, il n'y a pas de cours d'eau d'importance à moins de 1,5 km du site. On note la présence de terrains marécageux à l'ouest et au sud-ouest du site des installations de captage d'eau souterraine.

2.1.1 Localisation cadastrale

L'emplacement du nouveau puits est situé dans le canton Malartic, Rang 2, lot 23-A.

2.1.2 Climat

La région à l'étude est située dans la zone de climat de type continental humide. Les données météorologiques disponibles, compilées pour la période de 1971 à 2000 à la station de Val-d'Or située à proximité de Malartic, indiquent que la moyenne annuelle des températures maximales est de 7,0 °C alors que la moyenne des températures minimales est de -4,7 °C. Les précipitations moyennes annuelles pour la même période sont de 914 mm, dont 635 mm tombent sous forme de pluie et le reste sous forme de neige.

2.1.3 Géologie générale

La géologie de la région de Malartic est caractérisée par la présence de roches volcano-sédimentaires archéennes. Les formations géologiques associées au secteur d'étude sont membres du Groupe de Cadillac constitué de roche méta-sédimentaires apparentées à des grès et conglomérats. Le secteur est localisé entre deux contacts géologiques d'importance orientés en direction nord-ouest – sud-est, soit la Faille Roc d'Or au nord et la zone tectonique de Cadillac au sud. Plusieurs failles d'orientation est nord-est sont observées sur le territoire. La figure C présente la géologie régionale et la figure D identifie les dépôts meubles.

Les dépôts meubles proviennent en partie de la dernière glaciation (till et esker) et des lacs pro-glaciaires qui ont couvert le secteur suite à la fonte des glaciers, il y a environ 8 000 ans. Les dépôts glacio-lacustres occupent une grande superficie de la zone d'étude. Ils sont constitués de sables fins, de limons et argiles organiques provenant d'une sédimentation en eau profonde dans les anciens lacs ayant couvert la région. Des dépôts en eau peu profonde sont également présents, il s'agit de plages reliques (sable et gravier déposés en rives). Des dépôts glaciaires tels des tills (amalgame hétérogène de matériaux rocheux de diverses granulométries) et des dépôts fluvio-glaciaires (esker) sont aussi présents. Deux eskers sont localisés dans le nord et est du secteur d'étude. Ces derniers sont orientés dans un axe nord-ouest – sud-est et sont constitués de cailloux et graviers arrondis.

2.2 MILIEU HUMAIN

2.2.1 Affectations des sols

La région de l'Abitibi est reconnue pour ces activités minières (or et métaux de base) et forestières. La principale exploitation minière (mine Camflo) dans le secteur de Malartic se trouve à plus de 3 km à l'est de la ville. Des terrains miniers abandonnés sont présents immédiatement au sud-est de la ville de Malartic. Dans le secteur à l'étude, la végétation est plutôt dense et est constituée majoritairement d'épinettes noires.

2.2.2 Usages antérieurs

Dans un rayon d'un kilomètre, le site à l'étude est inhabité. Les dépôts de sables et graviers qui affleurent dans ce secteur de la municipalité ont déjà servi de bancs d'emprunt, mais ils ne sont plus exploités depuis plusieurs décennies. Les traces d'une ancienne piste d'aviation sont encore visibles sous forme d'une clairière allongée à 600 m au sud-est des installations de captage. Enfin, au cours des années '90 des fosses d'infiltration servant à la recharge de la nappe phréatique ont été aménagés à 90 m au nord-ouest et à plus de 360 m au sud-est du secteur à l'étude. Les éléments énumérés ci-dessus sont repérables aux figures A et B.

Les deux seuls bâtiments existants abritent les puits d'exploitation P-4 et P-5 et sont localisés à la figure B.

2.2.3 Sources potentielles de contamination

Le site étant déjà utilisé comme site d'approvisionnement en eau souterraine depuis les années '60, les activités pouvant potentiellement contaminer la formation aquifère y sont interdites. Cependant, la municipalité envisagerait la possibilité de permettre l'installation d'une piste d'accélération pour automobiles dans la clairière de l'ancienne piste d'aviation. Advenant que cette éventualité se concrétise, des mesures devront être prises pour éliminer les risques que des substances contaminantes (carburants, lubrifiants) atteignent accidentellement les aires de protection et d'alimentation des puits d'exploitation.

3 INSTRUMENTATION

Les deux forages de reconnaissances stratigraphiques aménagés en puits d'observation PO-03-1 et PO-03-2 ont été réalisés à l'aide d'une foreuse à tarière évidée. Les échantillons de sols ayant servi à la description des unités stratigraphiques et aux analyses granulométriques ont été prélevés à l'aide d'une cuillère-fendue de 61 cm de longueur. Lors de l'échantillonnage des sols, la compacité des sols était mesurée à l'aide de l'indice de pénétration standard. L'intervalle des prélèvements était généralement de 1,53 m. La section crépinée des puits PO-03-1 et PO-03-2 a 3,05 m de longueur et 51 mm de diamètre (nominal 2 pouces); elles sont en chlorure de polyvinyle et entourées d'une lanterne de gravier filtre. La section crépinée de ces puits repose sur le socle rocheux à la base de la formation aquifère constituée par les dépôts meubles.

Le puits d'observation PO-03-3 a été réalisé à l'aide d'une foreuse à câble (Bucyrus Erie 60-L de la compagnie Forage Métropolitain inc. de Saint-Timothée). Des échantillons de sols ont été prélevés à la base de la formation aquifère et soumis à l'analyse granulométrique. La section crépinée du puits d'observation PO-03-3 a 1,07 m de longueur, 143 mm de diamètre (nominal 6 pouces pour une crépine de type "telescope-size, continuous-slot"), et des fentes de 0,77 mm; elle est en acier inoxydable et est en contact directe avec les sables et graviers naturels à la base de formation aquifère.

Le puits d'exploitation PE-03-1 a été réalisé à l'aide de la même foreuse à câble. Là encore des échantillons de sols ont été prélevés à la base de la formation aquifère et soumis à l'analyse granulométrique. La section crépinée du puits d'exploitation PE-03-1 a 3,3 m de longueur, 273 mm de diamètre (nominal 10 pouces pour une crépine de type "pipe-size, continuous-slot"), et des fentes de 5 mm; elle est en acier inoxydable et entourée d'une lanterne de gravier filtre.

Les rapports de forages détaillés des puits réalisés dans le cadre de la présente étude sont présentés à l'annexe B.

L'arpentage et le nivellement des ouvrages ont été effectués à l'aide d'un théodolite par M. Yvan Poirier, technicien chez Dessau-Soprin.

Lors des essais de pompage, le débit pompé a été mesuré à l'aide d'un compteur d'eau neuf de marque Lecomte, modèle LC de type turbine, dont la précision est de ± 3 %.

L'échantillonnage de l'eau souterraine 24, 48 et 72 heures après le démarrage de l'essai de pompage longue durée a été effectué par Yvan Poirier de Dessau-Soprin. Une fois prélevés, les échantillons d'eau ont été placés dans des contenants de verre ou de plastique préalablement préparés par le laboratoire et conservés dans une glacière jusqu'à leur expédition au laboratoire le jour même. Les analyses physico-chimiques ont été réalisées par le laboratoire Maxxam Analytique inc. de Lachine qui est accrédité par le ministère de l'Environnement du Québec (MENV) pour ce type d'expertise. Les échantillons prélevés pour les analyses des métaux ont été filtrés au laboratoire.

4 GÉOLOGIE

L'analyse du contexte géologique régional et les observations effectuées lors des forages de reconnaissance stratigraphique au nord-est du puits P-4 ont mis en évidence la présence de matériaux granulaires présentant un potentiel intéressant pour le captage de l'eau souterraine. Les matériaux granulaires grossiers, tels que sable et gravier, peuvent permettre l'aménagement de puits pouvant produire des débits très élevés, en autant que ces dépôts soient d'étendue et d'épaisseur suffisantes.

La présence d'un esker et de vastes dépôts sableux au nord-est des installations de captage existantes (voir la Figure D) a justifié le choix de l'emplacement du nouveau puits d'exploitation PE-03-1, car la granulométrie grossière des matériaux typiquement rencontrés dans ce genre de dépôt favorise l'aménagement de puits productifs. Ces dépôts sont reconnus pour leur grande conductivité hydraulique, ils ont été mis en place alors que les glaciers couvraient encore la région, soit bien avant la mise en place des dépôts argileux des lacs pro-glaciaires. À la lumière des informations tirées de la carte des dépôts de surface (Figure D), il appert que cette zone de dépôts sableux est bordée au sud-ouest du site par des dépôts de sable limoneux et argileux. De plus, l'alignement des bancs d'emprunt de sable et gravier selon un axe nord-ouest – sud-est (voir Figure A) selon la même orientation que les eskers régionaux permet de présumer que l'eau souterraine s'écoule de façon préférentielle dans les eskers puisque les dépôts adjacents sont plus ou moins imperméables. Ces eskers pourraient être rattachés au même système de dépôt que celui dans lequel les puits de captage de la municipalité de Malartic sont présentement installés.

Les diagraphies de tous les forages effectués dans le cadre de la présente étude hydrogéologique sont présentées à l'annexe B.

Les certificats d'analyses granulométriques sont présentés à l'annexe C. La porosité efficace de la couche de sable et gravier reposant sur le socle rocheux est de 25 % environ.

5 INSTALLATION DE CAPTAGE

Le schéma d'installation du puits PE-03-1 est présenté à la figure E.

6 HYDROGÉOLOGIE

Il est important de garder à l'esprit que la présente demande d'autorisation concerne un puits de captage d'eau souterraine (le puits PE-03-1) destiné à remplacer un ouvrage existant (le puits P-4 dont l'efficacité déclinait significativement); et que la formation aquifère exploitée alimente déjà la municipalité de Malartic depuis au moins le milieu des années '60.

Au moment de réaliser les essais hydrauliques au puits PE-03-1, l'approvisionnement en eau potable de la municipalité ne pouvait pas être interrompu plus que quelques heures et le puits P-5 est donc demeuré en fonction jusqu'à 105 minutes avant les essais de pompage. Cette contrainte explique que les niveaux piézométriques du site à l'étude n'ont pas pu être mesurés lors d'un état parfaitement statique de la formation aquifère. Les conséquences de cette situation sont abordées aux paragraphes suivants.

6.1 DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES

Les puits de production de la ville de Malartic exploite un milieu aquifère libre localisé dans une formation granulaire constituée de sable et gravier reposant sur le socle rocheux. L'épaisseur de cette couche de sable et gravier, mesurée aux puits PO-03-1, PO-03-2, PO-03-3 et PE-03-1, varie entre 4,12 m (au puits PO-03-1) et 18,29 m (au puits PO-03-2). Aux environs du puit d'exploitation PE-03-1, l'épaisseur saturée de la formation aquifère était de 8,64 m (mesurée en période d'étiage). Au puits PO-03-1, situé à l'ouest-nord-ouest du site, une couche d'argile de 4,42 m d'épaisseur recouvre la couche de gravier reposant sur le socle rocheux. Ces informations recoupent celles obtenues de la carte des dépôts meubles à l'effet que la formation aquifère de sable et gravier actuellement exploitée par la municipalité se prolonge vers le nord-est et est bordée au sud-ouest par des dépôts argileux relativement imperméables. Ces dépôts sableux s'insèrent probablement dans le prolongement d'un esker régional, orientés selon un axe nord-ouest – sud-est, présents au nord et au nord-ouest du site. La stratigraphie rencontrée lors du forage des puits dans le cadre de la présente étude est présentée à l'annexe B. La figure B, en annexe, localise précisément les différents ouvrages entre eux.

Le nouveau puits PE-03-1 a été soumis à un essai de pompage en paliers de débit pour évaluer la capacité du puits, et à un essai de pompage longue durée pour mesurer les caractéristiques de la formation aquifère.

6.1.1 Essai de pompage en paliers de débit

Un essai de pompage en paliers de débit a été tenu au puits PE-03-1 le 17 août 2003. Cinq paliers d'une heure chacun se sont succédés; les débits utilisés étaient de 1362, 1774, 2180, 2586 et 2998 m³/d. La progression des valeurs de capacité spécifique en fonction du débit de pompage s'inscrit sur une droite parfaite. Ce qui indique que le débit critique de l'installation de pompage aménagée pour les essais était supérieur à 2998 m³/d.

6.1.2 Essai de pompage longue durée à débit constant

Le nouveau puits d'exploitation PE-03-01 a été pompé pendant 72 heures (à partir du 18 août 2003 à 8h) à un débit moyen de 2616 m³/d (400 gallons impériaux par minute ou GIPM). Du début à la fin de l'essai, le débit de pompage était légèrement à la hausse passant progressivement de 2553 m³/d (390 GIPM) à 2643 m³/d (404 GIPM) sans qu'aucun ajustement à la valve contrôlant le débit ne soit fait. Aucune interruption du pompage n'est survenue pendant toute la durée de l'essai.

Le niveau de l'eau souterraine a été suivi au puits d'exploitation PE-03-1, ainsi qu'aux puits d'observation PO-03-1, PO-03-2 et PO-03-3, PZ-18 et PZ-19. Ces deux derniers puits d'observation sont situés respectivement à proximité des puits de production existants P-4 et P-5. Le tableau A, en annexe, présente les caractéristiques des différents points de mesure du niveau de l'eau souterraine, ainsi que leur distance respective au puits pompé.

L'analyse des données de l'essai de pompage au puits pompé PE-03-1 indique que le niveau de l'eau souterraine était quasiment stabilisé à la fin de l'essai de pompage. En effet, au cours des 16 dernières heures de pompage, le rabattement ne s'est accru que de 1 cm. Et si l'on tient compte du fait que le débit de l'essai de pompage était légèrement à la hausse pendant toute la durée de l'essai, on peut présumer que les conditions de régime permanent ont été atteintes. Les graphiques du rabattement en fonction du temps écoulé, ainsi que les données brutes et corrigées employées pour les calculs sont regroupées à l'annexe D.

La transmissivité de la formation aquifère a été établie par la méthode de Cooper-Jacob et/ou Theis à partir des résultats des puits d'observation PO-O3-2, PO-03-3 et PZ-18 desquels on obtient les courbes rabattement - temps les plus valides. La transmissivité moyenne est de $8,3 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. La conductivité hydraulique moyenne a été établie à partir des mêmes puits et est de $1,0 \times 10^{-2} \text{ m/s}$. Le tableau suivant résume les valeurs de transmissivité et de conductivité hydraulique obtenues.

Puits	Méthode utilisée et transmissivité (m^2/s)	Conductivité hydraulique (m/s)
PO-03-2	C.-J. : $7,98 \times 10^{-2}$ Theis : $7,93 \times 10^{-2}$	$8,02 \times 10^{-3}$ $7,97 \times 10^{-3}$
PO-03-3	C.-J. : $8,04 \times 10^{-2}$	$1,01 \times 10^{-2}$
PZ-18	C.J. : $9,44 \times 10^{-2}$	$1,27 \times 10^{-2}$
Moyenne	$8,3 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$

L'analyse des mesures de remontée relevées dans chacun des puits de cette étude montre que dans la majorité des cas, les niveaux d'eau souterraine ont récupéré très rapidement. En effet pour récupérer 80 % du rabattement atteint après 72 heures de pompage, il n'a fallu que moins de 30 secondes à PE-03-1, PO-03-3 et PZ-18; 1 minute à PO-03-2; 70 minutes à PZ-19; et 280 minutes à PO-03-1.

L'annexe D présente les rapports d'essai de pompage de rabattement et de remontée.

6.1.3 Direction de l'écoulement souterrain et gradient hydraulique

Pour les raisons mentionnées précédemment, l'exploitation de la formation aquifère n'a pas pu être arrêtée suffisamment longtemps avant le début de l'essai pour permettre un rétablissement parfait de la surface piézométrique et la mesure de niveaux d'eau souterraine reflétant des conditions parfaitement statiques. En effet, le puits P-5 n'a été arrêté que 105 minutes avant le début de l'essai de pompage longue durée. Cependant, la récupération très rapide observée à la fin de l'essai de pompage de longue durée permet de croire que la nappe phréatique était suffisamment rétablie pour que la direction d'écoulement souterrain et le gradient hydraulique puissent être établis.

La carte piézométrique avant pompage est présentée à la figure F en annexe. Les courbes piézométriques mettent en évidence un écoulement souterrain du nord-ouest vers le sud-est sous un gradient hydraulique de 0,0021.

6.1.4 Rayon d'influence

Le tableau B, en annexe, présente les données ayant servi à l'établissement de la carte piézométrique en régime permanent, après 72 heures de pompage. Cette carte piézométrique en régime permanent est présentée à la figure G en annexe. On y remarque l'influence du pompage au puits PE-03-1 par l'établissement d'un cône de dépression centré sur le puits. Le cône de dépression est allongé selon le même axe nord-ouest – sud-est que la direction régionale de l'écoulement souterrain et le prolongement des eskers observés plus au nord. Comme le montre le tableau B, les rabattements observés en régime permanent sont relativement faibles et démontrent bien la haute transmissivité de la formation aquifère. En extrapolant sur un graphique rabattement versus distance du puits pompé, la droite obtenue jusqu'à un rabattement nul on obtient un rayon d'influence théorique d'une centaine de mètres aussi bien vers l'ouest, le sud-ouest ou le sud. Cependant, cette méthode n'est applicable que dans le cas des aquifères parfaits, homogènes et isotropes; le rayon d'influence ainsi estimé demeure donc un simple ordre de grandeur.

Il est à noter que la municipalité de Malartic entend conserver le puits P-5 comme puits de relève au puits PE-03-1. Celui-ci est situé à 141 m de distance du puits PE-03-1 et après l'essai de pompage de 72 heures, il ne présentait qu'un rabattement de 7 cm. Ainsi, advenant que les deux puits soient opérés en même temps (chacun fournissant environ la moitié du débit d'approvisionnement requis), il ne devrait pas y avoir d'interférence significative entre eux.

6.2 AIRE D'ALIMENTATION

L'aire d'alimentation est définie comme la portion du territoire à l'intérieur de laquelle toute l'eau souterraine qui y circule aboutira tôt ou tard au point de captage. Elle s'étend jusqu'à la ligne de partage des eaux. Au site étudié, l'aire d'alimentation du puits PE-03-1 s'étend vers le nord-ouest jusqu'à la ligne de partage des eaux entre le bassin versant de la Petite Rivière-Héva et celui de la rivière Malartic.

La méthode développée par Grubb (1993) a été employée pour délimiter l'aire d'alimentation du puits PE-03-1. Dans ce modèle à la forme parabolique simplifiée, l'aire d'alimentation s'étend vers l'amont jusqu'à la ligne de partage des eaux des bassins versants. Trois équations simples sont utilisées pour définir les paramètres géométriques qui définissent la forme et la portée de l'aire d'alimentation. Le paramètre A correspond à la distance entre le puits et la limite aval de l'aire d'alimentation; le paramètre B correspond à la largeur de l'aire d'alimentation au droit du puits et le paramètre L correspond à la largeur maximale de l'aire d'alimentation.

$$A = \frac{Q\Delta l}{\pi K(h_1^2 - h_2^2)} \qquad L = \frac{2Q\Delta l}{K(h_1^2 - h_2^2)} \qquad B = \frac{L}{2}$$

Où :

Δl = distance entre puits PO-03-3 et PZ-18 ramenée sur une même ligne de courant	= 34 m
h_1 = charge hydraulique au puits amont (PO-03-3)	= 7,906 m
h_2 = charge hydraulique au puits aval (PZ-18) corrigée pour un socle rocheux horizontal à la même élévation qu'à PO-03-3	= 7,835 m
K = conductivité hydraulique	= 864 m/d
Q = débit de pompage, ici celui de l'essai de longue durée	= 2616 m ³ /d

Les paramètres obtenus pour délimiter l'aire d'alimentation du puits PE-03-1 illustrée à la figure H sont :

- A = 29 m,
- L = 184 m, et
- B = 92 m.

La figure H présente la délimitation de l'aire d'alimentation telle que calculée par la méthode de Grubb. Cette aire d'alimentation a une forme allongée de 184 m de largeur par environ 1560 m de longueur, et orientée nord-ouest – sud-est selon la direction de l'écoulement de l'eau souterraine. Sa superficie calculée est de 0,3 km², mais malgré que cette forme resserrée corresponde à l'alignement d'eskers régionaux, l'étalement des dépôts sableux adjacents au site, laisse présumer qu'une plus vaste superficie, de l'ordre de 1 à 2 km² contribue à l'alimentation des puits.

6.3 AIRE DE PROTECTION IMMÉDIATE

Selon le *Guide de conception des installations de production d'eau potable* (MENV, 2003), l'aire de protection immédiate a un rayon minimum de 30 m autour du puits de production. Cette distance minimum n'est pas influencée par les conditions hydrogéologiques. Seules les activités directement liées à l'approvisionnement en eau potable sont permises et tolérées à l'intérieur de cette aire de protection. Une clôture de 1,8 m de hauteur doit être construite à la périphérie de l'aire de protection.

La topographie actuelle à l'intérieur de l'aire de protection immédiate présente une surface plane, déboisée, à proximité de l'ancien étang de recharge no 1; ainsi qu'un plateau boisé, surélevé d'une dizaine de mètres. Le puits PE-03-1 est situé au pied du talus. L'aménagement final de la surface du terrain de l'aire de protection devra permettre aux eaux de ruissellement de s'éloigner du puits.

Si ce n'est déjà fait, un tel périmètre de protection devrait également être aménagé au puits P-5.

6.4 AIRES DE PROTECTION BACTÉRIOLOGIQUE ET VIROLOGIQUE

D'après le *Guide de conception des installations de production d'eau potable* (MENV, 2003), les aires de protection bactériologique et virologique correspondent aux portions de l'aire d'alimentation circonscrites par une période de migration de l'eau souterraine de 200 jours (protection bactériologique) et de 550 jours (protection virologique).

Le calcul des distances de ces lignes isochrones a été effectué d'après la formule proposée dans le document du MENV intitulé *Guide de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captages d'eau souterraine* (MENV, 2003) :

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

Où :

t = période de migration	= 200 et 550 d
K = conductivité hydraulique	= 864 m/d
i = gradient hydraulique	= 0.0021
n = porosité	= 0,25
Q = débit de pompage; ici le débit de l'essai de pompage longue durée	= 2616 m ³ /d
b = épaisseur saturée de l'aquifère; ici valeur moyenne mesurée à proximité du puits PE-03-1	= 8,64 m
d = distance vers l'amont du puits de la ligne isochrone correspondant à la période de migration concernée	= à déterminer

Ainsi, les distances vers l'amont du puits PE-03-1 des lignes isochrones sont les suivantes :

- 1560 m pour la ligne isochrone de 200 jours (protection bactériologique), et
- 4126 m pour la ligne isochrone de 550 jours (protection virologique).

La figure H présente la position de ces lignes isochrones par rapport à l'aire d'alimentation. On y remarque que la ligne isochrone de 200 jours délimitant l'aire de protection bactériologique est environ au même endroit que la limite présumée du bassin versant (d'après le réseau hydrographique). Quant à la ligne isochrone de 550 jours délimitant l'aire de protection virologique, elle se situe au-delà de l'aire d'alimentation du puits de captage. C'est la raison pour laquelle les limites de l'aire de protection virologique au nord-ouest de la limite du bassin versant sont tracées avec des tirets. Quoiqu'il en soit, l'aire d'alimentation du puits PE-03-1 est située dans un secteur inhabité, boisé, où a priori il n'y a pas de sources de contamination éventuelle, sauf peut-être des travaux occasionnels d'entretien de la ligne de transport d'électricité.

6.5 RECHARGE

Une première évaluation de la recharge par infiltration des précipitations de la formation aquifère exploitée par la municipalité de Malartic a pu être déduite des relevés volumétriques hebdomadaires de ses installations de pompage. En effet, les volumes d'eau pompés de la rivière aux étangs de recharge entre janvier 2001 et août 2002, ainsi que les volumes d'eau souterraine captés aux puits P-4 et P-5 durant la même période, ont été mesurés à chaque semaine. Ainsi, en soustrayant le volume de recharge de ceux captés par les puits, on obtiendrait le volume d'eau attribuable à la recharge par infiltration. Durant les 20 mois de la période mentionnée précédemment, les débits moyens pompés ont été de 843,9 m³/d au puits P-4 et de 1180 m³/d au puits P-5. Le débit moyen de recharge artificielle durant la même période a été de 260 m³/d; de sorte que la contribution due à la recharge de la formation aquifère était d'environ 1763 m³/d. Cependant, rappelons que la recharge à l'aide des étangs visait à atténuer les pertes de charges des puits P-4 et P-5 en perte d'efficacité en rehaussant artificiellement la nappe phréatique aux abords des puits de captage. Une évaluation hydrogéologique des installations de captage de la municipalité de Malartic réalisée en septembre 2002 par Dessau-Soprin a démontré que la capacité de la formation aquifère permet de s'affranchir de la recharge artificielle à condition de réhabiliter et/ou remplacer les puits P-4 et P-5. En conséquence, en conditions de régime permanent, la recharge de la formation aquifère est plutôt d'environ 2023 m³/d, soit la production combinée des puits P-4 et P-5 au cours de la période mentionnée précédemment.

Sachant que les précipitations moyennes annuelles au site étudié sont de 914 mm, et que l'évapotranspiration et l'évaporation sont d'environ 35% en Abitibi, il reste 70% ou 640 mm susceptible de s'infiltrer dans le sol. Considérant que le bassin versant du site étudié est plutôt plat et les types de dépôts de surface, on peut attribuer environ 20% au ruissellement. L'infiltration pourrait donc bénéficier d'environ 50% de la précipitation annuelle, soit 457 mm.

Tel que mentionné précédemment, la superficie de l'aire d'alimentation théorique calculée par la méthode de Grubb semble négliger l'apport des vastes dépôts sableux situés au nord et au nord-est du site étudié; une superficie de l'ordre de 1,5 km² apparaît beaucoup plus réaliste. Ainsi la recharge par infiltration, serait de l'ordre de près de 2000 m³/d, ce qui concorde avec les volumes mesurés aux installations de captage au cours de la période janvier 2001 à août 2002.

6.6 INDICE DE VULNÉRABILITÉ SELON LA MÉTHODE "DRASTIC"

La méthode DRASTIC consiste en la détermination de l'indice de vulnérabilité de l'aquifère. Cette méthode considère 7 paramètres qui caractérisent les formations aquifères. À chaque paramètre est attribué une valeur de pondération entre 1 et 5 afin de refléter l'importance de ce paramètre dans le transport et l'atténuation des contaminants depuis la surface du sol, et ce, à l'intérieur de l'aire d'alimentation. Chaque paramètre est évalué selon une échelle de 1 à 10, correspondant aux conditions de vulnérabilité de la formation aquifère étudiée, 1 indiquant la plus faible vulnérabilité et 10 la plus grande vulnérabilité à la contamination. La sommation des valeurs attribuées à chacun des 7 paramètres multipliée par la valeur de pondération respective fournit un indice de vulnérabilité se situant entre 23 et 236. Le nouveau *Règlement sur la qualité de l'eau potable* du MENV considère que les formations aquifères d'indice supérieur à 100 sont vulnérables.

Les puits de production de la ville de Malartic exploite un milieu aquifère libre, localisé dans une formation granulaire constituée de sable et gravier reposant sur le socle rocheux. Le tableau C en annexe, détaille le calcul de l'indice de vulnérabilité.

Puisque l'indice de vulnérabilité est supérieur à 100, l'eau souterraine captée au site étudié est considérée vulnérable à des sources potentielles de contamination depuis la surface du sol. En conséquence, il sera important de protéger l'aire d'alimentation des puits des sources potentielles de contamination. La protection des dépôts sableux situés au nord et au nord-est du site étudié doit également être considérée étant donné leur contribution probable à la recharge de la formation aquifère.

7 QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

Les échantillons d'eau souterraine prélevés au puits PE-03-1 durant l'essai de pompage de longue durée ont permis d'établir les caractéristiques chimiques de l'eau, de vérifier sa constance lors des activités de pompage. Ces éléments sont discutés ci-après.

7.1 ANALYSES EFFECTUÉES

Les eaux souterraines sur le site constituent un milieu récepteur catégorisé comme un aquifère de classe I, puisque ces eaux servent de source première d'approvisionnement en eau potable pour la population de Malartic. En ce sens, les résultats des analyses chimiques ont été comparés aux normes de la réglementation québécoise sur l'eau potable.

7.2 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les résultats analytiques et physico-chimiques de l'eau souterraine du puits PE-03-1 sont présentés au tableau D. Les échantillons d'eau souterraine ont été prélevés après 24, 48 et 72 heures de pompage, soit juste avant l'arrêt de l'essai de pompage de longue durée. L'analyse des résultats indique les points suivants :

- On constate que l'eau pompée au puits PE-03-1 est d'excellente qualité et respecte les normes de qualité de l'eau potable destinée à la consommation humaine en ce qui concerne les paramètres microbiologiques et les substances inorganiques (Annexe 1 du *Règlement sur la qualité de l'eau potable*) du ministère de l'Environnement du Québec (MENV). En ce qui concerne les pesticides, l'absence d'utilisation présente et passée de ces substances dans la région du site étudié justifie que leurs concentrations n'ont pas été analysées dans le cadre de la présente étude. Cependant, elles pourront l'être si le MENV le juge pertinent.
- On constate également qu'en ce qui concerne les autres paramètres d'analyses pour les échantillonnages de 24, 48 et 72 heures de l'essai de pompage, tous les paramètres sont respectés sauf pour les concentrations en manganèse de l'échantillon prélevé après 24 heures de pompage. Notons qu'il s'agit d'une norme à caractère esthétique et qu'après 72 heures de pompage, la concentration respecte la norme.

Les certificats d'analyses sont présentés à l'annexe D.

8 IMPACT SUR LES AUTRES USAGERS

Étant donné que l'aire d'alimentation du puits de captage PE-03-1 est situé dans un secteur inhabité, il n'y a pas à priori d'autres usagers de cette ressource. Notons également que le site est déjà exploité depuis le milieu des années '60 de sorte que les éventuels impacts sur d'autres usagers auraient eu le temps de se faire sentir.

9 IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Tel que mentionné précédemment, le site est déjà exploité depuis le milieu des années '60 et l'aménagement du puits PE-03-1 en remplacement du puits P-4 ne change rien à la situation existante. Cependant, il est important que la municipalité ne prélève pas plus d'eau souterraine que la recharge de la formation aquifère le permet, soit 2023 m³/d, que ce soit avec un seul puits ou en combinant les deux.

10 IMPACT SUR LA SANTÉ PUBLIQUE

Les analyses physico-chimiques réalisées sur les échantillons d'eau souterraine prélevés lors des essais de pompage indique que la formation aquifère exploitée fournit une eau répondant aux critères de potabilité. Cependant, la formation aquifère exploitée est vulnérable à d'éventuelle source de contamination depuis la surface du sol. De plus, il y a quelques années, des activités de recharge artificielle de la nappe à l'aide d'eau provenant de la rivière Malartic auraient pu introduire des agents pathogènes (coliformes) dans le sol. En conséquence, la chloration de l'eau brute, de façon à maintenir une concentration appropriée de chlore résiduel jusqu'aux utilisateurs, permettrait de se prémunir contre ces risques.

11 CONCLUSION

Les forages de reconnaissance (transformés en puits d'observation PO-03-1 et PO-03-2) ont permis de choisir un emplacement propice à l'implantation du puits de remplacement PE-03-1.

Le nouveau puits d'une capacité supérieur à 2616 m³/d à été implanté à environ 60 m au nord-nord-est de l'ancien puits P-4.

Le puits de production PE-03-1 exploite une nappe phréatique localisée dans une formation granulaire constituée de sable et gravier reposant sur le socle rocheux. L'épaisseur de cette couche de sable et gravier aux abords du puits varie entre 4,12 m et 18,29 m. Aux environs du puit d'exploitation PE-03-1, l'épaisseur saturée de la formation aquifère était de 8,64 m (mesurée en période d'étiage).

La formation aquifère exploitée par le nouveau puits PE-03-1 présente une transmissivité moyenne de $8,3 \times 10^{-2}$ m²/s et une conductivité hydraulique moyenne de $1,0 \times 10^{-2}$ m/s ou 864 m/d.

L'aire d'alimentation du puits PE-03-1, calculée selon la méthode de Grubb, est principalement localisée au nord-ouest du site étudié. Elle a une forme allongée de 184 m de largeur par environ 1560 m de longueur, et est orientée nord-ouest – sud-est selon la direction de l'écoulement de l'eau souterraine.

La recharge de la formation aquifère à été estimée à environ 2023 m³/d et limite le débit d'exploitation sûr à long terme de la ressource en eau souterraine.

La vérification de la qualité de l'eau souterraine démontre que la formation aquifère exploitée fournit une eau répondant aux critères de potabilité. Cependant, la formation aquifère exploitée est vulnérable à d'éventuelle source de contamination depuis la surface du sol.

12 RECOMMANDATIONS

Les actions suivantes sont recommandées :

- Afin d'assurer la pérennité de la ressource en eau souterraine, il est recommandé que la municipalité ne prélève pas plus d'eau souterraine que la recharge de la formation aquifère le permet, soit 2023 m³/d, que ce soit avec un seul puits ou en combinaison des puits PE-03-1 et P-5.
- Si la municipalité de Malartic entend utiliser le puits P-5 comme puits de captage d'eau souterraine, un périmètre de protection rapproché de 30 m de rayon, clôturé, doit y être aménagé, si ce n'est déjà fait, à l'instar de celui du nouveau puits PE-03-1.
- Étant donné la vulnérabilité de la formation aquifère exploitée, la municipalité de Malartic devrait prohiber toutes les activités humaines pouvant représenter un risque de contamination à l'intérieur de la zone d'alimentation précédemment délimitée. La protection des dépôts sableux adjacents au site et situés au nord et au nord-est du site étudié doit également être considérée étant donné leur contribution probable à la recharge de la formation aquifère exploitée.
- Il est recommandé de maintenir une concentration appropriée de chlore résiduel dans l'eau potable acheminée jusqu'aux utilisateurs afin de se prémunir des risques engendrés par la vulnérabilité de la formation aquifère. La municipalité devra donc mettre en place un système de désinfection en continu muni de systèmes d'appoint et un analyseur de chlore en continu relié à une alarme devra être installé à la sortie du réservoir.
- La municipalité envisagerait la possibilité de permettre l'installation d'une piste d'accélération pour automobiles dans la clairière de l'ancienne piste d'aviation. Advenant que cette éventualité se concrétise, des mesures devront être prises pour éliminer les risques que des substances contaminantes (carburants, lubrifiants) atteignent accidentellement les aires de protection et d'alimentation des puits d'exploitation.

- Il y aurait lieu d'obturer le puits P-4 convenablement (à l'aide d'un coulis de ciment-bentonite) si la municipalité ne compte plus se servir de cet ouvrage. Dans le même ordre d'idées, de nombreux puits d'observation existe dans le site des puits de production, certains depuis de nombreuses années. Il serait souhaitable de s'assurer qu'aucun de ces ouvrages ne présente un défaut d'étanchéité permettant l'infiltration d'un contaminant jusqu'à la nappe phréatique.