

MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES – SECTEUR VAL-BARRETTE
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE
PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N^{OS} X0009229-1 ET -2



Remis à :

Municipalité de Lac-des-Écorces
672, boul. Saint-François
Lac-des-Écorces (Québec)
J0W 1H0

Préparé par :

Richelieu Hydrogéologie inc.
219, 15ième avenue, Richelieu (Québec)
J3L 3V7

Juillet 2020

Richelieu, le 17 juillet 2020

Municipalité de Lac-des-Écorces
672, boul. Saint-François
Lac-des-Écorces (Québec)
J0W 1H0

À l'attention de Mme Linda Fortier, directrice générale et secrétaire-trésorière

Objet : Municipalité de Lac-des-Écorces – Secteur Val-Barrette
Analyse de la vulnérabilité des puits municipaux du secteur Val-Barrette
Site de prélèvement X0009229-1 et X0009229-2

Madame,

Il me fait plaisir de vous faire parvenir un rapport d'étude pour l'analyse de vulnérabilité des sites de prélèvement d'eau souterraine du secteur Val-Barrette de la municipalité de Lac-des-Écorces (Québec) dans le cadre du Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP). La transmission et la diffusion des différents renseignements consignés au rapport doivent respecter l'article 68 du RPEP.

L'étude présente les caractéristiques des installations de production d'eau potable du secteur Val-Barrette ainsi que les aires de protection et niveaux de vulnérabilité de l'eau souterraine à l'intérieur de ces aires. Elle comprend également l'inventaire des activités pouvant affecter l'eau souterraine exploitée. Il en résulte que les menaces qui affectent la source d'alimentation en eau potable sont principalement l'agriculture, le transport routier ainsi que les résidences possédant leur propre traitement d'eau potable. Toutefois, ces dernières se situent à l'extérieur de l'aire de protection intermédiaire. Les priorités d'intervention afin de réduire ces menaces sont de contrôler les épandages. La consommation d'eau est stable et aucune pénurie n'est à prévoir. La seule problématique actuelle de l'eau souterraine pour la sécurité alimentaire est la formation de sous-produits de désinfection lors de la chloration de l'eau. Un suivi plus assidu est recommandé afin d'établir la variation annuelle de ces paramètres.

Je vous prie d'agréer, madame Fortier, l'expression de mes sentiments les meilleurs.



Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

p.j. rapport d'analyse de la vulnérabilité

**MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES – SECTEUR VAL-BARRETTE
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE
PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N^{OS} X0009229-1 ET -2**



Remis à :

Municipalité de Lac-des-Écorces

672, boul. Saint-François

Lac-des-Écorces (Québec)

J0W 1H0

Préparé par :

Richelieu Hydrogéologie inc.

219, 15^{ième} avenue, Richelieu (Québec)

J3L 3V7

Juillet 2020

TABLE DES MATIÈRES

1.	Introduction	1
1.1	Mandat	1
1.2	Mise en situation.....	2
2.	Caractérisation du secteur d'alimentation du site de prélèvement	3
2.1	Localisation géographique du site à l'étude.....	3
2.2	Contexte physiographique, topographie et drainage superficiel	3
2.3	Milieu humain.....	6
2.4	Climat.....	7
2.5	Géologie.....	8
2.6	Hydrogéologie.....	8
2.6.1	Système d'information hydrogéologique (SIH).....	8
2.6.2	Études hydrogéologiques locales	9
2.6.3	Pézomètre du suivi des eaux souterraines du Québec.....	10
2.6.4	Étude d'évaluation environnementale de site – Phase I	11
3.	Caractérisation du prélèvement d'eau.....	12
3.1	Généralités.....	12
3.2	Description des installations de prélèvements.....	12
3.2.1	Description du Puits P1-VB (X-0009229-1)	13
3.2.2	Description du Puits P2-VB (X-0009229-2)	15
3.3	Description des installations de production et de distribution d'eau potable.....	16
3.3.1	Procédé de traitement de l'eau brute.....	16
3.3.2	Produits chimiques utilisés pour le traitement de l'eau potable	18
3.4	Historique de la quantité et de la qualité des eaux exploitées	19
3.4.1	Prélèvement d'eau brute	19
3.4.2	Qualité de l'eau brute et de l'eau distribuée	21
4.	Délimitation des aires de protection des sites de prélèvement.....	22
4.1	Généralités.....	22
4.2	Méthodologie de délimitation.....	23
4.2.1	Modèle conceptuel	24
4.2.2	Modèle numérique.....	26
4.3	Simulations réalisées et résultats obtenus.....	30
4.3.1	Aire de protection intermédiaire bactériologique	30
4.3.2	Aire de protection intermédiaire virologique	30

4.3.3	Aire de protection éloignée	30
5.	Niveau de vulnérabilité des eaux dans les aires de protection.....	31
5.1	Généralités.....	31
5.2	Méthodologie de calcul.....	32
5.2.1	Profondeur de la nappe (D)	32
5.2.2	Recharge (R).....	32
5.2.3	Type d'aquifère (A).....	32
5.2.4	Type de sol (S)	33
5.2.5	Topographie (T).....	33
5.2.6	Impact de la zone vadose (I).....	33
5.2.7	Conductivité hydraulique (C).....	33
5.3	Résultats obtenus	33
6.	Conclusions et recommandations	35

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Localisation à l'échelle 1 : 50 000
Figure 2 : Extrait de la carte topographique à l'échelle 1 : 20 000
Figure 3 : Imagerie satellitaire
Figure 4 : Extrait de la carte géologique
Figure 5 : Extrait de la carte des formations superficielles
Figure 6 : Localisation des puits, piézomètres et forages répertoriés dans le SIH
Figure 7 : Description du modèle numérique d'écoulement
Figure 8 : Piézométrie modélisée avec un prélèvement de 260 m³/jour
Figure 9 : Aires de protection intermédiaire et éloignée
Figure 10 : Indice de vulnérabilité DRASTIC

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 : Statistiques sur les puits et forages inventoriés dans le SIH9
Tableau 2 : Historique reliée à la recherche en eau souterraine sur le territoire12
Tableau 3 : Détails des installations de prélèvement d'eau13
Tableau 4 : Produits chimiques utilisés pour le traitement des eaux18
Tableau 5 : Évolution de la qualité de l'eau brute des puits21
Tableau 6 : Données piézométriques issues de relevés effectués en 2006 et du SIH26
Tableau 7 : Niveaux de vulnérabilité des aires de protection des puits P1-VB et P2-VB34

LISTE DES SCHÉMAS

- Schéma 1 : Réseau hydrographique du secteur (MELCC, 2020).....4
Schéma 2 : Bassin versant du cours d'eau Brunet (MELCC, 2020)5
Schéma 3 : Milieux humides du secteur (MELCC, 2020)5
Schéma 4 : Cultures déclarées en 2018 (MELCC, 2020)7
Schéma 5 : Limites des périmètres de protection (Jolicoeur, 2006)10
Schéma 6 : Aires de protection (MELCC, 2019)22
Schéma 7 : Les sept paramètres hydrogéologiques (Decelles et al., 2019)31

LISTE DES GRAPHIQUES

- Graphique 1 : Températures et précipitations pour la station Mont-Laurier (MERN, 2019)7
Graphique 2 : Suivi piézométrique du MELCC11
Graphique 3 : Consommation d'eau brute mensuelle de 2011 à juin 201920

Graphique 4 : Suivi piézométrique de 2015 à 2019	20
Graphique 5: Comparaison entre les niveaux d'eau observés et simulés	28

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Cartes du rapport

Annexe 2 : Inventaire des puits et forages répertoriés dans le SIH

Annexe 3 : Schéma d'aménagement des puits et piézomètre aménagé

Annexe 4 : Données de qualité de l'eau

Annexe 5 : Cartes de l'indice de vulnérabilité DRASTIC

ABRÉVIATIONS

ASTM : American Society for Testing and Materials

CUBF : Codes d'utilisation des biens-fonds

EPA : Environmental protection agency

LiDAR : Light Detection and Ranging (détection et estimation de la distance par la lumière)

MELCC : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques

MERN : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec

MRC : Municipalité régionale de comté

P-9 : Code de gestion des pesticides

PACES : Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines

REIMR : Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles

RESP : Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés

RFPP : Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers

RLRQ : Règlement sur les carrières et sablières

RPEP : Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection

SCOPQ : Système de coordonnées planes du Québec

SIG : Système d'information géographique

SIH : Système d'information hydrogéologique

LEXIQUE

Aire de protection : Portion de territoire protégée autour d'un puits afin de prévenir toute contamination

Aire d'alimentation: Portion de territoire en amont d'un puits à l'intérieur de laquelle toute eau souterraine finira par être captée par ce puits

Aquiclude et aquitard : Formation géologique imperméable ou très peu perméable où l'écoulement souterrain est très faible

Aquifère : Formation géologique où l'eau souterraine peut être captée par un puits

Concentration maximale acceptable (CMA) : Seuil de paramètres bactériologiques, physiques ou chimiques que l'eau potable ne doit pas dépasser afin d'éviter des risques pour la santé humaine

Conductivité hydraulique : Mesure de la facilité d'un aquifère à transmettre l'eau. Correspond physiquement au débit pouvant circuler dans une surface de 1 m² sous un gradient hydraulique de 1

Contaminant : Toute substance présente dans l'eau en concentration qui dépasse les concentrations naturelles et qui la rend impropre à la consommation

DRASTIC : Système de cotation numérique à sept facteurs utilisé pour évaluer la vulnérabilité intrinsèque d'un aquifère, soit sa susceptibilité de se voir affecter par une contamination provenant directement de la surface. L'indice peut varier entre 23 et 226, plus l'indice est élevé, plus l'aquifère est vulnérable à la contamination.

Eau brute : Eau prélevée aux fins d'alimenter un système de distribution d'eau potable et qui n'a pas subi un traitement de potabilisation

Eau potable : Eau destinée à être ingérée par l'être humain

Eau souterraine : Eau trouvée dans les espaces entre les particules de sol ou dans les fissures du socle rocheux

Évapotranspiration : Perte d'une partie de l'eau infiltrée par évaporation et par la transpiration des plantes

Gradient hydraulique : Pente de la surface piézométrique. Correspond à la différence de niveau d'eau entre deux puits, divisé par la distance entre ces deux puits

Hydrogéologie : Science qui étudie les mouvements de l'eau souterraine dans les matériaux géologiques

Infiltration : Partie des précipitations qui pénètre sous la surface du sol

Installation de production d'eau potable : Station à partir de laquelle l'eau potable est acheminée au réseau de distribution et qui, souvent, comporte des équipements de traitement de l'eau

Lieu de prélèvement : lieu physique pouvant être composé d'un ou plusieurs puits rapprochés l'un de l'autre, où il est possible d'effectuer des prélèvements d'eau

Nappe libre : Aquifère où l'eau souterraine n'est pas sous pression: elle est en équilibre avec la pression atmosphérique

Nappe captive : Aquifère où l'eau souterraine est maintenue sous pression par une couche imperméable

Niveau dynamique : Niveau piézométrique influencé - rabattu ou relevé - par opposition au niveau naturel au même point ; plus particulièrement, plan d'eau rabattu ou relevé, stabilisé ou non, dans un puits de pompage ou un ouvrage d'injection

Niveau statique : Niveau piézométrique non influencé dans un puits, un piézomètre, auquel se réfère le rabattement ou le relèvement. S'oppose à un niveau dynamique influencé

Objectifs esthétiques (OE) : Recommandation pour des paramètres physiques ou chimiques ayant un impact sur les caractéristiques esthétiques de l'eau mais n'ayant pas d'effet néfaste reconnu sur la santé humaine. Les paramètres dont la présence peut entraîner la corrosion ou l'entartrage des puits ou des réseaux d'alimentation en eau sont aussi visés par ces objectifs

Porosité : Correspond au rapport entre le volume des vides sur le volume total d'un échantillon donné de matériau

Porosité efficace : Correspond au rapport entre le volume d'eau pouvant se libérer de façon gravitaire sur le volume total d'un échantillon donné de matériau

Porosité effective : Pores et interstices reliés à l'état saturé et qui permettent l'écoulement. Supérieure à la porosité efficace et inférieure à la porosité totale

Potentiel aquifère : La capacité d'un système aquifère à fournir un débit d'eau souterraine important de manière continue.

Prélèvement de catégorie 1: un prélèvement d'eau effectué pour desservir le système d'aqueduc d'une municipalité alimentant plus de 500 personnes et au moins une résidence

Puits: Un trou cylindrique foré ou excavé dont la profondeur est plus grande que son diamètre et dont l'objectif est de rejoindre un aquifère afin d'y extraire ou d'y injecter de l'eau

Puits d'observation ou piézomètre : Puits non utilisé pour le pompage, généralement de petit diamètre, utilisé pour mesurer l'élévation de la nappe d'eau souterraine où pour y déterminer sa qualité

Rabatement : Différence entre le niveau d'eau avant pompage (niveau statique) et en condition de pompage (niveau dynamique)

Régime permanent d'écoulement : Écoulement souterrain à l'état d'équilibre. Indépendant du temps

Régime d'écoulement transitoire : Écoulement souterrain à l'état de déséquilibre. Dépendant du temps, fait intervenir la notion d'emmagasinement.

Site de prélèvement en eau souterraine : Site dont les équipements permettent de prélever l'eau circulant sous la surface du sol, par exemple par l'entremise d'un puits creusé par forage, par excavation ou par enfoncement

Vulnérabilité : Aptitude de l'eau souterraine à se faire contaminer par les activités/usages de surface, en fonction des conditions hydrogéologiques locales

1. INTRODUCTION

1.1 Mandat

La municipalité de Lac-des-Écorces a mandaté *Richelieu Hydrogéologie Inc.*, afin de réaliser une analyse de vulnérabilité du site de prélèvement d'eau souterraine de catégorie 1 desservant le secteur Val-Barrette afin de répondre à l'article 68 du *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (RPEP). Les objectifs spécifiques de l'étude sont les suivants :

- ❑ Décrire les puits tubulaires alimentant le site de prélèvement d'eau du secteur Val-Barrette;
- ❑ Compiler l'historique des données d'exploitation et des analyses de la qualité de l'eau soutirée et distribuée ;
- ❑ Procéder à la mise à jour ou l'établissement des aires de protection immédiate, intermédiaire et éloignée pour chaque puits ;
- ❑ Déterminer le niveau de vulnérabilité des aires de protection évaluée selon la méthode DRASTIC ;
- ❑ Faire l'identification des activités anthropiques, événements potentiels et affectations du territoire susceptibles d'affecter la qualité et la quantité des eaux prélevées ;
- ❑ Faire l'évaluation des menaces que représentent les activités anthropiques et les événements potentiels répertoriés ;
- ❑ Faire l'identification des causes pouvant expliquer ce qui affecte ou a affecté la qualité et la quantité des eaux souterraines exploitées par le prélèvement, en fonction de l'interprétation des données disponibles.

Ce document présente les résultats obtenus et les recommandations pour la protection de la ressource en eau potable provenant des deux prélèvements d'eau souterraine alimentant le système de distribution d'eau potable du secteur Val-Barrette. De plus, l'étude inclut une cartographique électronique pour fins de transmission du MELCC.

1.2 Mise en situation

Le *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (RPEP) impose aux responsables de prélèvements d'eau souterraine de catégorie 1 (article 68) de réaliser et de transmettre au ministre, tous les cinq ans, un rapport signé par un professionnel présentant une analyse de la vulnérabilité de leur source d'eau potable.

Afin de permettre aux municipalités de faire un suivi de la qualité des eaux sur une période de cinq ans, la date limite pour l'envoi du rapport au MELCC est le 1^{er} avril 2021. La méthodologie de réalisation d'une analyse de la vulnérabilité pour un prélèvement d'eau est détaillée dans le *Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable au Québec*. Les analyses de la vulnérabilité des sources mettront en lumière les faiblesses, les problèmes et les menaces qui touchent les sources d'alimentation en eau potable d'un territoire donné, et de cette vue d'ensemble se dégageront des priorités d'intervention.

La municipalité de Lac-des-Écorces possède un système de distribution d'eau potable pour le secteur Val-Barrette, dont l'alimentation en eau provient de deux installations de prélèvement d'eau souterraine (P1-VB et P2-VB) espacées de l'ordre de 13,5 mètres. Les deux puits tubulaires, aménagés en 2006, exploitent un horizon de gravier ainsi que les premiers mètres du socle rocheux sous un horizon de silt argileux. Ils sont localisés entre le cours d'eau Brunet et l'agglomération municipale. Le site de prélèvements alimente à lui seul l'installation de production et de distribution d'eau potable du secteur Val-Barrette.

L'installation de production d'eau potable (X0009229) ainsi que l'installation de distribution (X0009228) situées à 140 m au sud-est des puits municipaux. Les prélèvements d'eau souterraine de la municipalité sont de catégorie 1 selon le RPEP et desservent 550 personnes. Les deux sites de prélèvement possèdent un débit de prélèvement autorisé 600 m³/jour pour chacun des puits.

2. CARACTÉRISATION DU SECTEUR D'ALIMENTATION DU SITE DE PRÉLÈVEMENT

2.1 Localisation géographique du site à l'étude

Le secteur Val-Barrette de la municipalité de Lac-des-Écorces est situé dans la région administrative des Laurentides, à l'intérieur de la MRC Antoine-Labelle. Il est situé à 5,6 km au sud du secteur urbanisé de Lac-des-Écorces. Les puits à l'étude sont situés sur le lot 2 941 763 du cadastre du Québec alors que la station d'eau potable se situe sur le lot 2 677 790 à l'adresse 194, rue de l'Hôtel-de-Ville, à 140 m au sud-est. Les lots 4 223 642 à 4 223 653 appartiennent également à la municipalité. Les coordonnées géographiques du secteur d'étude sont les suivantes :

- 75° 21' 21,10" Ouest
- 46° 30' 15,50" Nord

La figure 1 de l'annexe 1 montre une carte de localisation à l'échelle 1 : 50 000 extraite des feuillets cartographiques 31J11 et 31J06 du ministère des Ressources naturelles du Canada.

2.2 Contexte physiographique, topographie et drainage superficiel

Le territoire à l'étude fait partie de la région Laurentienne et, plus spécifiquement, à l'ensemble physiographique de la « Vallée de la rivière du Lièvre ». L'ensemble topographique appartient à la « Terrasse de la rivière Kiamika » dont la pente générale du terrain est de moins de 5%. À plus de 250 m d'altitude, l'ensemble topographique correspond aux « Buttes du lac François ». Le site à l'étude se situe à 240 m d'élévation.

Les figures 2 et 3 présentent, respectivement, un extrait de la carte topographique à l'échelle 1 : 20 000 du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec et un extrait de la photographie aérienne du secteur à l'échelle 1 : 10 000 obtenue sur le site *Google Earth*.

Le lieu de prélèvement à l'étude est situé à l'intérieur de l'entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent où le transfert d'eau hors du bassin versant est interdit. Localement, le réseau hydrographique est caractérisé par le cours d'eau Brunet qui circule au sud du secteur urbanisé et se déverse dans la rivière Kiamika à 3 km au sud-ouest du secteur d'étude. Cette dernière fait partie du bassin versant de la rivière du Lièvre et de la rivière des Outaouais. Le réseau hydrographique du secteur est montré au schéma 1 alors que le schéma 2 présente le bassin versant du cours d'eau Brunet. Le barrage

en terre de faible contenance X0005432 est localisé sur le cours d'eau Brunet à proximité de la rivière Kiamika. Plusieurs barrages sont situés le long de la rivière Kiamika. Le cours d'eau Brunet dans le secteur des puits à l'étude est exclu de la zone d'inondation ciblée par l'annexe 2 du ZIS (zone d'intervention spéciale). Les lacs St-Onge, Gauvin et des Écorces caractérisent la région. Le secteur est également caractérisé par des milieux humides potentiels exclusivement. Le marécage du ruisseau St-Onge représente un habitat faunique répertorié dans le plan des grandes affectations du sol et plan de zonage. Le schéma 3 présente la localisation des milieux humides potentiels répertoriés.

Schéma 1 : Réseau hydrographique du secteur (MELCC, 2020)

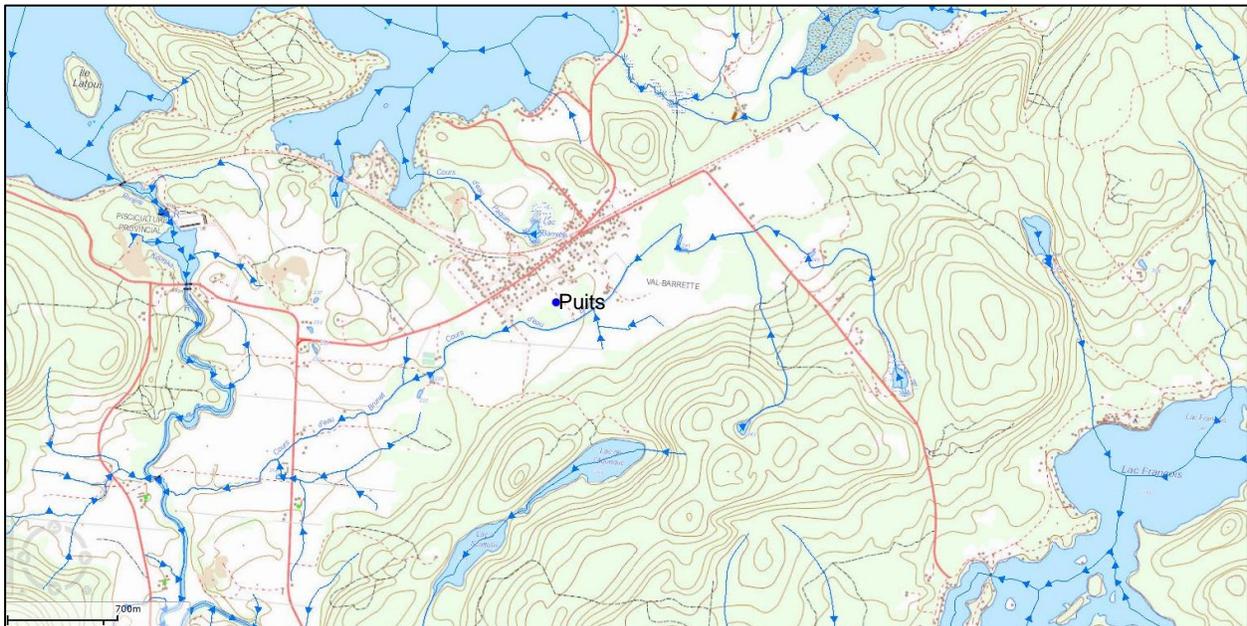


Schéma 2 : Bassin versant du cours d'eau Brunet (MELCC, 2020)

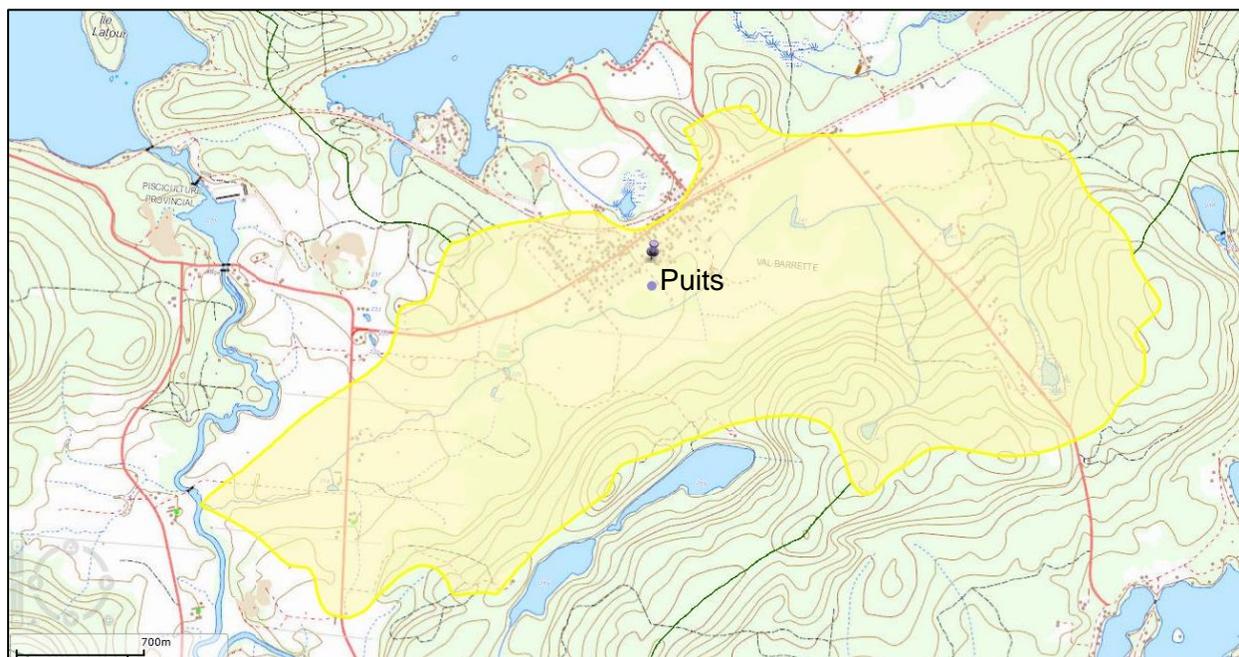
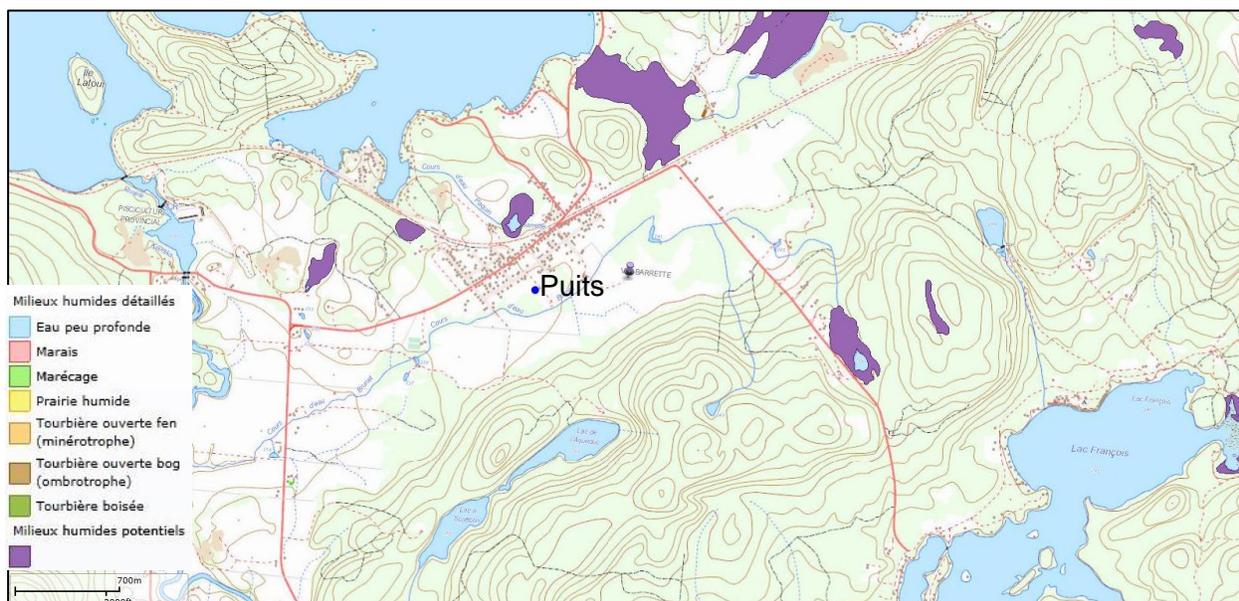


Schéma 3 : Milieux humides du secteur (MELCC, 2020)



2.3 Milieu humain

Le territoire environnant le site à l'étude est caractérisé principalement par une affectation résidentielle et agricole. Les zones de cultures pour l'année 2018 sont principalement associées à la production d'avoine, de foin, multiples et pommes de terre. Le schéma 4 présente les cultures déclarées pour l'année 2018. Selon le plan d'urbanisme, le potentiel agricole se situe au sud du cours d'eau Brunet, dans la partie Ouest de l'agglomération municipale ainsi qu'un îlot dans la partie Est. Les principales utilisations du sol sont les suivantes :

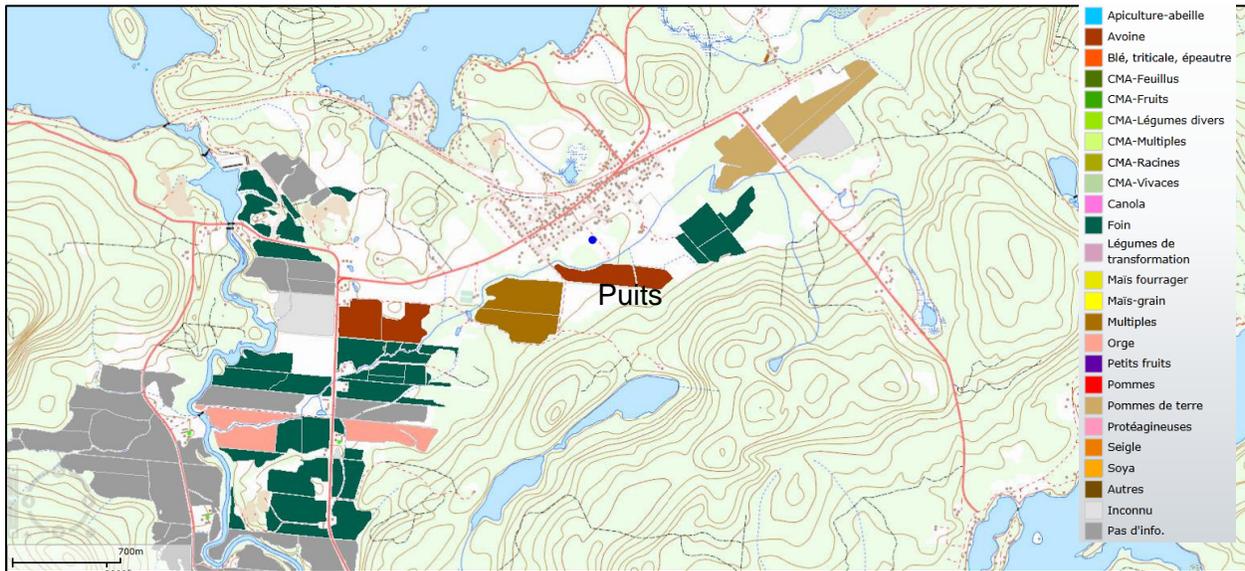
- 38,2% d'agriculture comparativement à 16,7% pour le périmètre urbain;
- 12,4% pour la superficie de forêts.

Le secteur fait partie du district écologique de « Dépression de Mont Laurier ». Il est décrit comme une forêt de feuillus caractérisée par des érablières à bouleau jaune de la zone tempérée nordique. Une station piscicole est présente à la décharge du lac des Écorces depuis 1972 pour la production de salmonidés indigènes destinée à l'ensemencement. Des débarcadères de bateaux sont présents pour les lacs Gauvin et des Écorces. Le chemin du P'tit Train du Nord traverse le secteur d'étude sur l'ancien chemin de fer.

Aucun titre minier n'est répertorié sur le territoire municipal où des contraintes sont répertoriées dans l'aire d'alimentation du puits ainsi que sur une grande partie du territoire (MERN, 2019). Aucun dépôt de sols et de résidus industriels, ni terrain contaminé, ni d'intervention d'urgence-environnement, ni de puits pétroliers et gaziers n'est répertorié sur le territoire à l'étude dans les répertoires du MELCC, du MERN et au fédéral. Le registre des sites d'équipements pétroliers comprend 5 immeubles dont quatre adresses de permis d'équipements pétroliers à risque élevé sur le territoire municipal dont un seul dans le secteur Val-Barrette. Ce dernier est le garage UMS Monette inc sur la rue St-Joseph à 375 mètres.

Aucun site d'enfouissement technique, ni de dépôt en tranchée n'est présent sur le territoire de Val-Barrette selon le plan d'urbanisme.

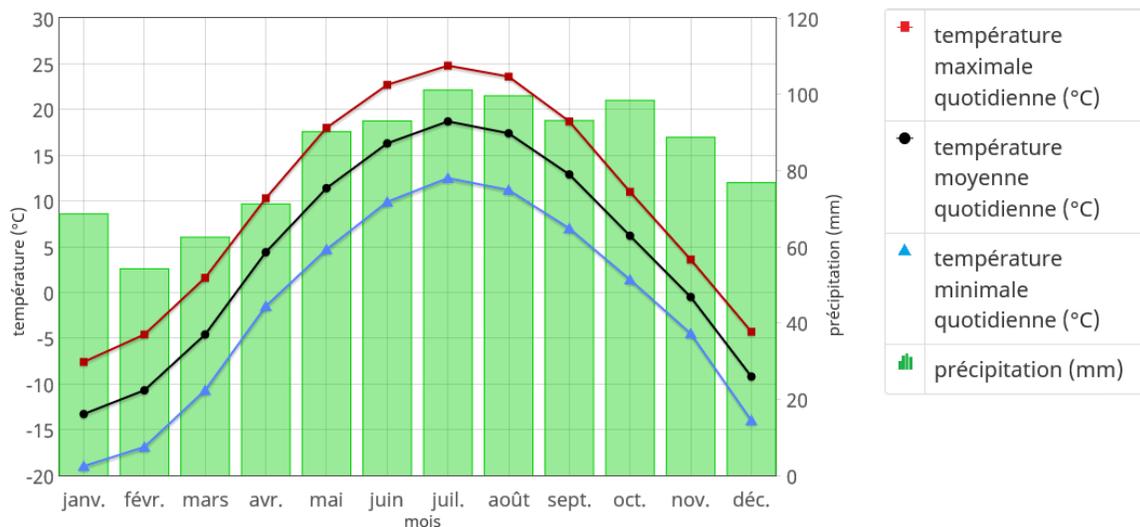
Schéma 4 : Cultures déclarées en 2018 (MELCC, 2020)



2.4 Climat

Les statistiques météorologiques mensuelles entre 1981 et 2010 les plus rapprochées du site à l'étude proviennent de la station d'Environnement Canada située à Mont-Laurier, soit à environ 17 kilomètres du site à l'étude et à une élévation de 244 m. Les précipitations totales annuelles sont de 997 mm par unité de surface. Les chutes de pluie totalisent 781 mm, tandis que les chutes de neige totalisent 216 cm. La moyenne mensuelle des températures varie entre 18,7°C en juillet et -13,3°C en janvier. Le graphique suivant présente les températures et précipitations pour les normales climatiques.

Graphique 1 : Températures et précipitations pour la station Mont-Laurier (MERN, 2019)



2.5 Géologie

Le territoire à l'étude se situe dans la province géologique du Grenville et la Terrane de Mont-Laurier (Lacoste, 2001). Localement, le socle rocheux fait partie de la Séquence carbonatée de la Lièvre, composée principalement de marbre et de roche calcosilicatée d'âge Mésoprotérozoïque. À l'est, le socle rocheux est constitué principalement de quartzite et de gneiss quartzeux de la suite supracrustale du Sourd. Des affleurements rocheux sont répertoriés sur le pourtour des lacs Gauvin et des Écorces ainsi que sur les hauts topographiques. Au niveau structural, une faille de cisaillement régional est cartographiée entre le lac Gauvin et le lac St-Onge. La dolomie de Val-Barrette est connue et exploitée depuis 1963 (Frederic, 1977). La figure 4 présente un extrait de la carte géologique du SIGEOM, Québec.

Les dépôts de surface dans le secteur d'étude sont composés de sédiments glaciolacustres d'eau peu profonde composés principalement de sable et parfois de gravier. En altitude, des dépôts glaciaires de till indifférencié sont cartographiés. La figure 5 présente un extrait de la carte des formations superficielles de la région. La pédologie locale est issue principalement de sols sableux composée de loam sableux graveleux à du loam sableux très fin, incluant de la tourbe. Sur les hauts topographiques, les sols sont constitués d'un loam sableux fin de la formation de Sainte-Agathe (IRDA, 2008).

2.6 Hydrogéologie

2.6.1 Système d'information hydrogéologique (SIH)

Pour obtenir un aperçu des caractéristiques hydrogéologiques locales, le système d'information hydrogéologique (SIH) du MELCC a été consulté. Dans un rayon de 1,5 km autour du site à l'étude, 20 puits et forages sont répertoriés comparativement à 8 puits et forages pour un rayon de 1 km et de 49 puits et forages pour un carré utilisé pour la modélisation de 5 km par 4 km. Il s'agit d'un inventaire non exhaustif puisqu'il est possible que certains puits ne soient pas répertoriés dans le système d'information hydrogéologique du MELCC.

La figure 6 montre la localisation des puits et forages dans un rayon de 1,5 km, alors que leur description est présentée à l'annexe 2. Le tableau 1 présente les statistiques obtenues à partir de l'inventaire effectué. Selon les données recueillies, la majorité des puits du secteur exploitent le socle rocheux pour un débit moyen de l'ordre de 34,5 litres/minute. L'épaisseur des dépôts meubles est très variable avec une moyenne de 6,75 m et les dépôts sont majoritairement constitués de sable.

Tableau 1 : Statistiques sur les puits et forages inventoriés dans le SIH

Caractéristiques	Rayon de 1,5 km (20 puits)		
	Moyenne	Minimum	Maximum
Forage jusqu'au roc		100 %	
Niveau d'eau à la fin des travaux (m)	5,0	3,05	7,6
Débit (L/min)	34,5	0,8	152
Épaisseur des dépôts meubles (m)	6,75	0,6	51,7
Profondeur (m)	71,5	22,9	122

2.6.2 Études hydrogéologiques locales

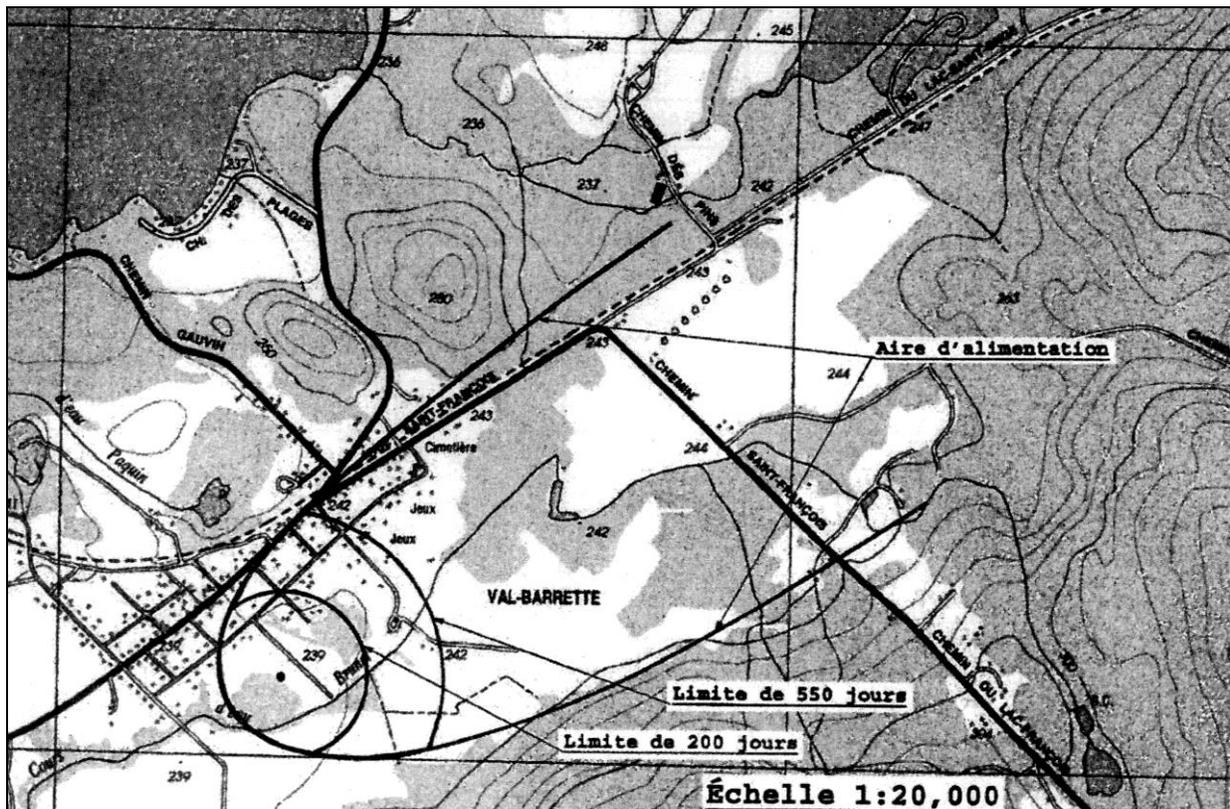
Les deux rapports techniques réalisés par *Marcel Jolicoeur*, en 2006 et 2007, dans le cadre de l'approvisionnement en eau souterraine ont permis d'établir les éléments suivants concernant le contexte hydrogéologique du secteur Val-Barrette :

- Six (6) forages exploratoires (4 forages en 2002 et 7 forages en 2005) ont été réalisés sur le territoire dans le secteur des étangs d'épuration, du poste de chloration et des terrains sportifs ;
- La séquence stratigraphique générale est constituée, de la surface vers le bas, de sable superficiel, de sable fin silteux avec argile coupé parfois d'un horizon aquifère de sable et gravier mais dont les travaux ont montré un faible débit d'exploitation de l'horizon aquifère ;
- Les puits municipaux exploitent un horizon de gravier de moins de 0,9 m d'épaisseur ainsi que les deux premiers mètres de roc fracturé ;
- Le socle rocheux varie entre 59 et 72 mètres de profondeur ;
- Le niveau statique au FBV-4/06 était de 1,35 m sous la surface du terrain (238,58 m d'élévation) en mai 2006 ;
- La transmissivité moyenne de l'aquifère est de l'ordre de 143 m²/jour pour une conductivité hydraulique de 28,6 m/jour ;
- L'eau souterraine s'écoule en direction du sud-sud-ouest sous un gradient de 0,003 ;
- Le coefficient d'emmagasinement est de $1,8 \times 10^{-3}$, typique d'une nappe captive ;
- L'eau souterraine soutirée des puits est conforme aux normes de l'eau potable à l'exception du manganèse, du COT et de la présence occasionnelle du benzo (a) pyrène ou du pentachlorophénol ;
- L'indice DRASTIC a été évalué à 76 donc faiblement vulnérable à une contamination ;

- Les aires de protection sont de 30 m pour la protection immédiate, de 230 mètres pour la distance de l'isochrone 200 jours (bactériologique), de 450 m pour la distance de l'isochrone 550 jours (virologique) et d'une parabole de 156 m (aval), 489 m (largeur) et 979 m pour la largeur maximale. Le schéma 5 présente les aires de protection délimitées dans le cadre de l'étude de 2006.

Les forages et puits cités dans ces études sont localisés aux figures 2 et 3 de la présente étude.

Schéma 5 : Limites des périmètres de protection (Jolicoeur, 2006)

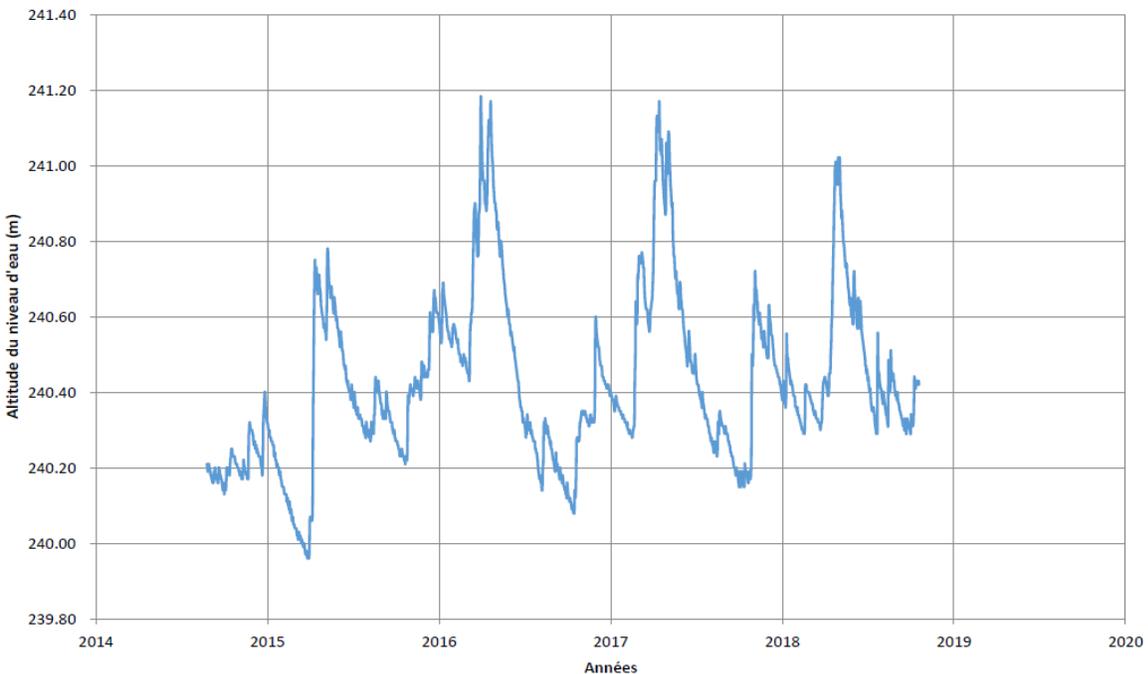


2.6.3 Pézomètre du suivi des eaux souterraines du Québec

Le piézomètre Pz04060001, qui correspond au forage 3/06 des études locales, est incorporé au suivi des eaux souterraines effectué par le MELCC. Les résultats montrent, pour la période du 28 août 2014 au 22 octobre 2018, un cycle de haute piézométrie en avril suite à la fonte des neiges et une température moyenne de l'eau souterraine à 5°C. La nappe oscille de 1,22 mètre, soit entre l'élévation 239,96 et 241,18 mètres. Ce piézomètre est décrit comme étant aménagé dans une nappe captive non influencée. La compilation du suivi piézométrique est montrée au

graphique 2. Le profil de la qualité de l'eau souterraine réalisé en août 2014 montre une concentration de 0,11 mg/l de fer, de 0,028 mg/l de manganèse dissous, de <0,02 mg/l en nitrate/nitrite et de 1,8 mg/l de carbone organique dissous. L'eau respecte les critères de potabilité.

Graphique 2 : Suivi piézométrique du MELCC



Altitude du sol de 241.28 (Géodésique)

2.6.4 Étude d'évaluation environnementale de site – Phase I

Une évaluation environnementale a été réalisée par GENIVAR sur une bande de 50 m le long de la rue Hôtel-de-Ville, entre la rue Picardie et le cours d'eau Brunet. Historiquement, le secteur a été utilisé à des fins agricoles sans bâtiment. Actuellement, les propriétés adjacentes sont majoritairement vacantes et recouvertes de végétation sauvage. Aucune espèce faunique menacée, vulnérable ou susceptible d'être désignée menacée n'est répertoriée dans un rayon de 1 km. Toutefois, le cours d'eau Brunet pourrait être considéré comme milieu humide. L'étude conclut à l'absence de situation pouvant constituer un impact réel ou potentiel sur l'environnement du site à l'étude.

3. CARACTÉRISATION DU PRÉLÈVEMENT D'EAU

3.1 Généralités

Le secteur Val-Barrette de la municipalité de Lac-des-Écorces possède un réseau d'aqueduc alimenté en eau souterraine depuis 2007 par deux puits tubulaires (P1-VB et P2-VB) localisés sur la rue de l'Hôtel-de-Ville entre le périmètre urbanisé et le cours d'eau Brunet. L'installation de production X0009229, alimente un seul système de distribution d'eau potable (X0009228) appelé Lac-des-Écorces (Val-Barrette). Le réseau d'aqueduc de la municipalité dessert environ 550 personnes (MELCC, 2019). Le tableau 2 présente un récapitulatif de l'historique de recherche en eau souterraine du secteur.

Tableau 2 : Historique reliée à la recherche en eau souterraine sur le territoire

Date	Description
Avant 2007	Alimentation en eau potable via une prise d'eau de surface (Lac de l'Aqueduc)
Printemps 2005	Exécution de 2 forages stratigraphiques (FBV-1/05 et FBV-2/05). L'horizon crépiné dans les dépôts meubles au FBV-2/05 démontre un débit inférieur à 40 guspm.
Printemps 2006	Poursuite de la recherche en eau souterraine à l'aide de 4 forages. Le forage FVB-4/06 aménagé dans le roc altéré a été soumis à des essais de pompage
2006	Aménagement de deux puits P1 et P2 en 250 mm de diamètre

Le procédé de traitement à la station de distribution comprend l'enlèvement du fer et du manganèse ainsi qu'un traitement de désinfection. La capacité de traitement est de 600 m³/jour. L'usine comprend deux réservoirs d'une capacité totale de 280 m³.

3.2 Description des installations de prélèvements

La description du lieu des prélèvements du secteur Val-Barrette de la municipalité de Lac-des-Écorces a été réalisée suite à une visite des lieux effectuée le 28 juin 2019. Les lieux visités comprennent les puits municipaux et piézomètres ainsi que la station d'eau potable qui comprend un système d'acquisition de données d'exploitation, les réservoirs et l'usine de traitement pour la production d'eau potable.

L'inspection des lieux permet de confirmer que l'aménagement des puits est conforme. L'environnement est également conforme et on dénote l'absence de source potentielle de contamination dans l'aire de protection immédiate de 30 m à l'exception du chemin d'accès en

gravier (rue de l'Hôtel-de-Ville). Le lot des puits est clôturé sur environ 15 m par 58 m. Les puits, espacés de 13,5 m, sont exploités en alternance en fonction du niveau de la réserve.

Le piézomètre situé entre les deux puits à proximité du P1-VB correspond au forage FVB 4/06. L'annexe 3 présente l'aménagement des puits et du piézomètre, selon l'information recueillie. Le tableau 3 présente les coordonnées de localisation des puits municipaux.

Tableau 3 : Détails des installations de prélèvement d'eau

Site de prélèvement	# du site de prélèvement	Coordonnée MTM Est	Coordonnée MTM Nord	Profondeur prélèvement	Type de prise d'eau	Débit autorisé
Puits P1-VB	X-0009229-1	392 607 m	5 152 253 m	61,59 m	Puits tubulaire	600 m ³ /jour
Puits P2-LVB	X-0009229-2	392 617 m	5 152 262 m	60,00 m	Puits tubulaire	600 m ³ /jour

3.2.1 Description du Puits P1-VB (X-0009229-1)

Les principales caractéristiques du puits sont les suivantes :

Information générale	
Année de construction	2006
Type d'usage	Utilisation permanente
Type de prélèvement	Puits tubulaire
Environnement immédiat	Surface gazonnée, monticule important autour du puits, clôturée présente autour des puits et du piézomètre FBV 4/06
Aménagement du puits	
Margelle	2,11 m (initiale : 1,27 m)
Diamètre	250 mm
Profondeur du puits	61,59 m sous T.N.
Aquifère exploité	Gravier (0,46 m) et socle rocheux (2,59 m)
Infrastructures	
Type pompe	GRUNDFOS, 150S 150-7 (15HP) de 4Ø, située à 55 m de profondeur
Conduite	Conduite de 100 mm transporte l'eau directement vers la station d'eau potable où l'eau est traitée avant d'être distribuée dans le réseau
Suivi informatique du puits	Niveau d'eau, débit et temps de fonctionnement de la pompe
Sonde de niveau	ENDRESS+HAUSER, FMX167 à 53 m de profondeur
État des installations	Tubage d'acier en bon état, le puits est recouvert d'un couvercle scellé et d'un monticule

Autorisation

Numéro du puits	X0009286-1
Débit de prélèvement	600 m ³ /jour
Autorisation de prélèvement	7319-15-01-79078-02 400388479

Le montage photographique ci-dessous permet de visualiser l'installation de prélèvement d'eau souterraine P1-VB. Le schéma d'aménagement produit lors de la construction est joint à l'annexe 3.

Photographie 1 : Environnement du puits P1-VB



Aménagement :

- Margelle : 2,11 m
- Diamètre du tubage : 250 mm
- Couvercle : conforme
- Absence d'eau stagnante
- Piézomètre à proximité
- Clôture protectrice à moins de 30 m



Accès au site de prélèvement

- Clôture de protection
- Panneau indicateur
- Aucune activité autre que celles relatives au prélèvement d'eau
- Rue de l'Hôtel-de-Ville en gravier

3.2.2 Description du Puits P2-VB (X-0009229-2)

Les principales caractéristiques du puits sont les suivantes :

Information générale	
Année de construction	2006
Type d'usage	Utilisation permanente
Type de prélèvement	Puits tubulaire
Environnement immédiat	Surface gazonnée, monticule important autour du puits, clôturé autour des puits et du piézomètre FBV 4/06
Aménagement du puits	
Margelle	1,81 m (initiale : 0,81 m)
Diamètre	250 mm
Profondeur du puits	60 m sous T.N.
Aquifère exploité	Gravier (0,92 m) et socle rocheux (2,07 m)
Infrastructures	
Type pompe	GRUNDFOS, 150S 150-7 (15HP) de 4Ø, située à 55 m de profondeur
Conduite	Conduite de 100 mm transporte la canalisation transporte l'eau directement vers la station d'eau potable où l'eau est traitée avant d'être distribuée dans le réseau
Suivi informatique du puits	Niveau d'eau, débit et temps de fonctionnement de la pompe
Sonde de niveau	ENDRESS+HAUSER, FMX167 à 53 m de profondeur
État des installations	Tubage d'acier en bon état, le puits est recouvert d'un couvercle scellé et d'un monticule
Autorisation	
Numéro du puits	X0009286-2
Débit de prélèvement	600 m ³ /jour
Autorisation de prélèvement	7319-15-01-79078-02 400388479

Le montage photographique ci-dessous permet de visualiser l'installation de prélèvement d'eau souterraine P2-VB. Le schéma d'aménagement produit lors de la construction est joint à l'annexe 3.

Photographie 2: Environnement du puits P2-VB



Aménagement :

Margelle : 1,81 m

Diamètre du tubage : 250 mm

Couvercle : conforme

Absence d'eau stagnante

Clôture protectrice à moins de 30 m



Environnement immédiat

Présence d'une clôture pour restreindre l'accès

Panneau indicateur

P2-VB au premier plan

Surface gazonnée

Aucune activité autre que celles relatives au prélèvement d'eau

3.3 Description des installations de production et de distribution d'eau potable

Le bâtiment pour la production d'eau potable se situe au 194, rue de l'Hôtel-de-Ville, à environ 140 m au sud-est des puits de production. Il comprend le poste d'alimentation en eau, le système de traitement de l'eau, le stockage, le pompage pour la distribution et le suivi informatique des installations de production. Le numéro de l'installation de production d'eau potable est le X0009229 alors que l'installation de distribution est le X0009228 (MELCC, 2019).

3.3.1 Procédé de traitement de l'eau brute

Le procédé de traitement à la station de production comprend l'enlèvement du fer et du manganèse et une désinfection. Le procédé comprend une injection de permanganate de

potassium en conduite, suivi de filtres à sable vert sous pression, installés en parallèle et d'une désinfection à l'hypochlorite de sodium. Le système de chloration atteint 4 log d'enlèvement de virus. Selon la municipalité, aucun problème bactériologique n'est répertorié à l'eau traitée. L'usine comprend deux réservoirs d'une capacité totale de 280 m³. Elle possède une capacité de filtration d'environ 670 m³/jour.

Le suivi électronique de la distribution comprend le suivi des puits, de la qualité de l'eau souterraine (turbidité, chlore, pH et température), du réservoir des boues de lavage, et des débits de filtration et de distribution. Le montage photographique ci-dessous permet de visualiser les installations de production d'eau potable.

Le montage photographique 3 permet de visualiser les installations de production d'eau potable.

Photographie 3 : Installations de production d'eau potable



Bâtiment pour la production et distribution d'eau potable



Compteur d'eau individuel

- Magnétique
- Débit cumulatif
- Débit instantané



Traitement

Pompes doseuses
Réservoirs de permanganate et
d'hypochlorite de sodium



Réservoirs et génératrice

Réservoir constitué de 2 cellules
Capacité : 280 m³
Génératrice sur dalle de béton

3.3.2 Produits chimiques utilisés pour le traitement de l'eau potable

Au total, deux produits chimiques sont utilisés pour le traitement des eaux, tel qu'indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Produits chimiques utilisés pour le traitement des eaux

Produit chimique utilisé pour le traitement des eaux	Masse annuellement utilisée
Permanganate de potassium	170 kg
Hypochlorite de sodium 12%	1720 litres

3.4 Historique de la quantité et de la qualité des eaux exploitées

3.4.1 Prélèvement d'eau brute

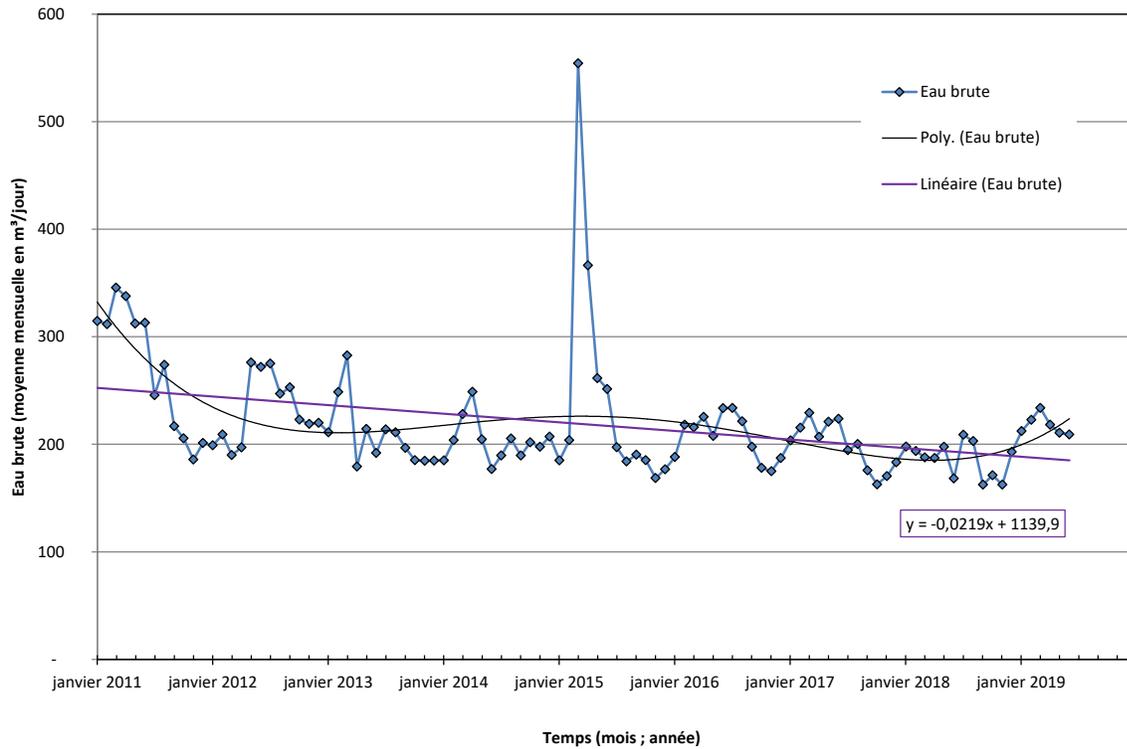
Les données de consommation d'eau ont été fournies par la municipalité pour les années 2011 à juin 2019. Les données de consommation qui y sont présentées sont les suivantes :

- Le prélèvement moyen annuel d'eau brute varie entre 186 et 272 m³/jour avec une moyenne de 219 m³/jour;
- Le prélèvement maximum mensuel est de 554 m³/jour en mars 2015;
- L'eau distribuée, légèrement inférieure à l'eau brute soutirée, correspond à une valeur de l'ordre de 408 L/personne/jour mais cette valeur a baissée à 355 et 343 L/personne/jour pour les années 2017 et 2018 ;
- La quantité d'eau soutirée des deux puits est similaire.

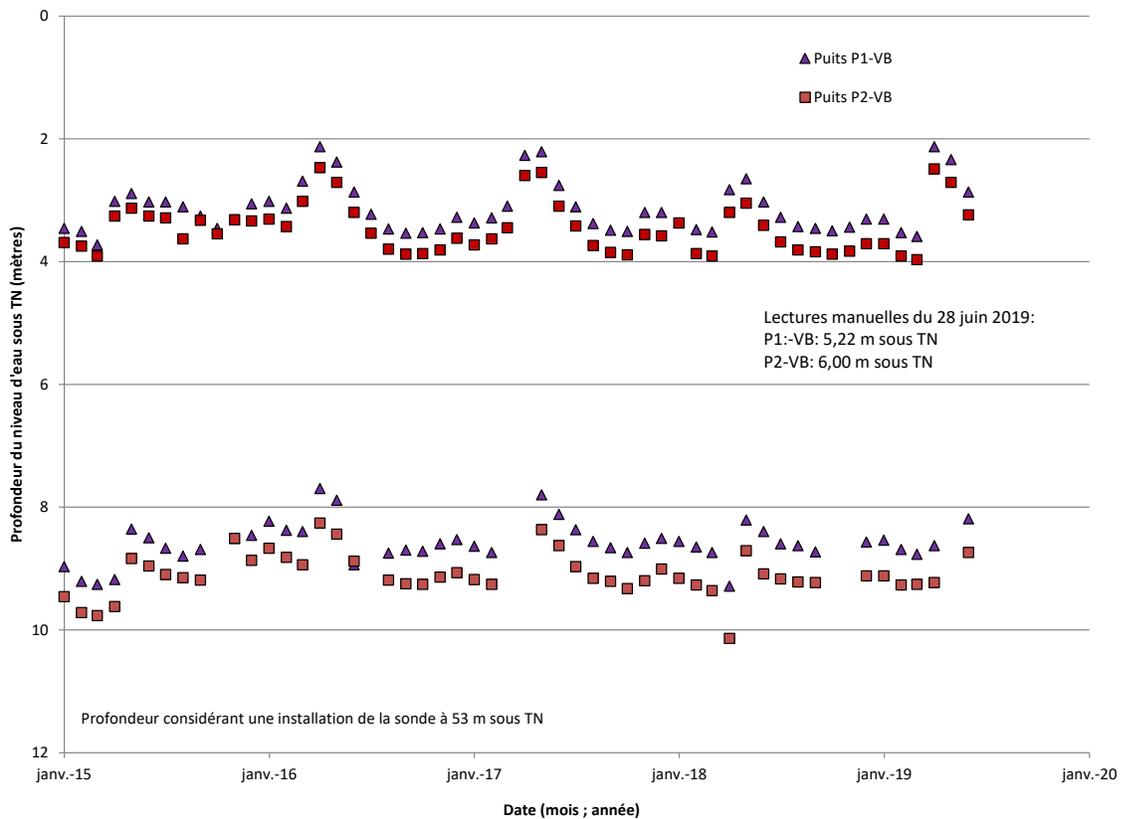
Le graphique 3 présente la compilation de la consommation d'eau brute prélevée des deux puits de la municipalité. Le prélèvement d'eau moyen mensuel est relativement constant depuis avril 2013 à l'exception du printemps 2015. La courbe de tendance linéaire indique une baisse de consommation sur les huit années de données. Le nombre de personnes desservies serait de 550 pour le secteur Val-Barrette, selon le répertoire des distributions d'eau potable municipal (MELCC, 2019). L'historique d'exploitation des puits a démontré l'absence de pénurie d'eau.

Le graphique 4 compile le suivi piézométrique réalisé par la municipalité de 2015 à 2019. Les écarts du niveau d'eau varient de l'ordre de 5,3 mètres en exploitation. On remarque une recharge annuelle au printemps (avril – mai). Le niveau dynamique est relativement constant et indique l'absence d'une problématique de surexploitation de l'aquifère et confirme l'exploitation similaire des deux puits.

Graphique 3 : Consommation d'eau brute mensuelle de 2011 à juin 2019



Graphique 4 : Suivi piézométrique de 2015 à 2019



3.4.2 Qualité de l'eau brute et de l'eau distribuée

Le suivi microbiologique réalisé directement aux puits montre une conformité de l'eau brute soutirée à l'exception du nombre de bactéries hétérotrophes aérobies ou anaérobies (BHAA) pour deux résultats. Ce type de bactéries se retrouve constamment dans l'eau brute des puits. Les caractéristiques physico-chimiques montrent une couleur et une dureté élevée. L'historique montre une détérioration de la qualité de l'eau souterraine pour le fer, le manganèse, l'absorbance, la couleur et le carbone organique total. Le tableau 5 montre la différence de qualité moyenne de l'eau brute en 2006 et 2017.

Les paramètres organiques analysés en 2006 se situent sous les normes à l'exception de benzo (a) pyrène au piézomètre. Le résultat en novembre 2006 au puits P2 est sous la limite de détection. On dénote toutefois la présence de pentachlorophénol sous la norme de l'eau potable. Toutefois, l'analyse réalisée en mai 2020 montre l'absence de ces substances. Il s'agirait donc de faux positifs.

L'eau brute est précurseur de trihalométhanes (5 dépassements sur 8 analyses) et d'acides acétiques halogénés. La compilation des données recueillies est jointe à l'annexe 5 du présent document.

Tableau 5 : Évolution de la qualité de l'eau brute des puits

Paramètres	Norme	Moyenne 2006	Moyenne 2017
Fer total (mg/L)	0,3	0,28	0,53
Manganèse total (mg/L)	0,12 (0,02)	0,1	0,14
Absorbance UV 254 nm (cm-1)	-	0,078	0,12
Carbone organique total (mg/L)	-	3,1	6,5
Couleur vraie (UCV)	<15	11,4	20,1
AHA totaux	60	-	76
SDS-THM (µg/l)	80	-	74,7

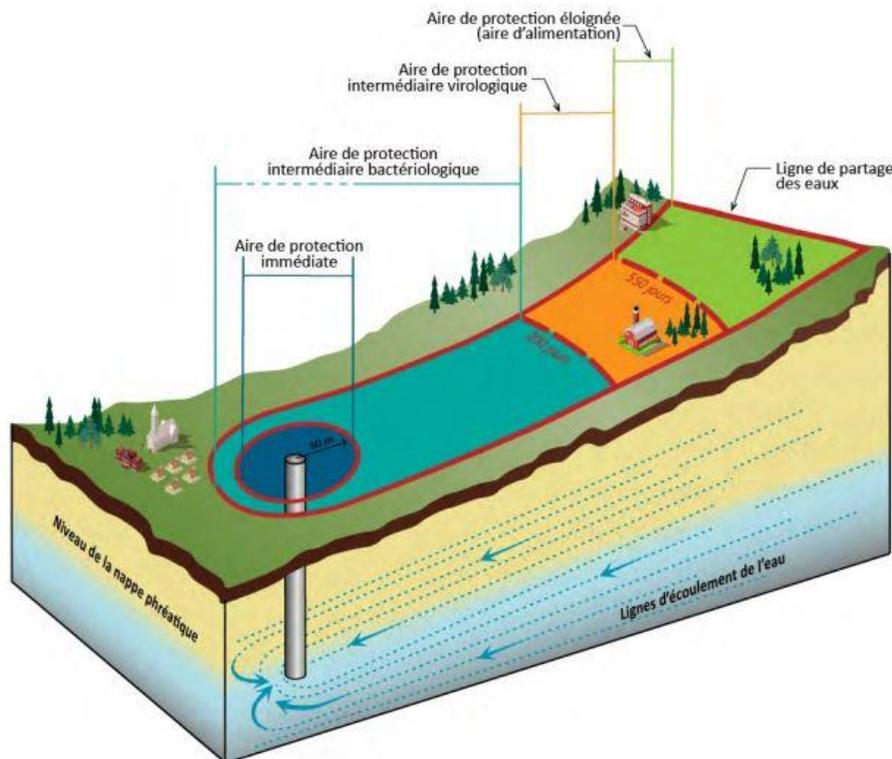
L'eau distribuée respecte les normes en vigueur à l'exception de trois résultats de trihalométhanes totaux, soit en novembre 2016, janvier 2017 et janvier 2020. La moyenne sur l'ensemble des résultats compilés entre février 2015 et janvier 2020 est de 66 µg/l.

4. DÉLIMITATION DES AIRES DE PROTECTION DES SITES DE PRÉLÈVEMENT

4.1 Généralités

La détermination des aires de protection vise à protéger l'installation de prélèvement elle-même, ainsi que la portion de l'aquifère qui la réalimente. Le *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (RPEP) prévoit trois types d'aires de protection pour les prélèvements d'eau souterraine : l'aire de protection immédiate, l'aire de protection intermédiaire de type bactériologique et virologique ainsi que l'aire de protection éloignée. Les aires de protection sont montrées au schéma ci-dessous.

Schéma 6 : Aires de protection (MELCC, 2019)



L'aire de protection immédiate correspond à un cercle d'un rayon arbitraire de 30 mètres centré sur le puits. La localisation de l'aire de protection immédiate doit être indiquée sur les lieux de manière à assurer sa visibilité en tout temps à tous ses accès, notamment par l'usage d'un panneau indicateur. Toute activité présentant un risque de contamination de l'eau est interdite dans l'aire de protection immédiate d'un prélèvement d'eau souterraine, sauf celles relatives à

l'opération, à l'entretien, à la réparation ou au remplacement de l'installation de prélèvement d'eau ou des équipements accessoires. Ces restrictions sont décrites à l'article 56 du RPEP.

L'aire de protection intermédiaire est délimitée par des temps de migration des eaux souterraines correspondant à une période de 200 jours pour assurer la protection bactériologique et à une période de 550 jours pour assurer la protection virologique du lieu de prélèvement d'eau souterraine. Les restrictions s'appliquant à l'aire de protection intermédiaire sont relatives aux épandages de boues usées, de déjections animales, de matières fertilisantes azotées, de composts de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes. Ces restrictions sont décrites aux articles 58 à 64 du RPEP.

L'aire de protection éloignée correspond à l'aire d'alimentation, soit la superficie de terrain au sein de laquelle les eaux souterraines y circulant vont éventuellement être captées par le prélèvement d'eau. Les restrictions s'appliquant à l'aire de protection éloignée visent l'aménagement d'un site de forage destiné à rechercher ou à exploiter du pétrole, du gaz naturel, de la saumure ou un réservoir souterrain ainsi que l'exécution d'un sondage stratigraphique. Ces restrictions sont décrites à l'article 66 du RPEP.

4.2 Méthodologie de délimitation

Plusieurs méthodes sont disponibles pour faire le calcul et la cartographie des aires de protection intermédiaires et éloignée, dont notamment :

- Les méthodes des rayons arbitraires, où des cercles centrés sur l'installation de prélèvement permettent de définir ses aires de protection ;
- Les méthodes cartographiques, où les aires de protection sont tracées de façon intuitive en utilisant les principes des réseaux d'écoulement ;
- Les méthodes par calculs analytiques, où des formules relativement simples et faisant appel à plusieurs hypothèses permettent de calculer des aires de protection adaptées aux propriétés hydrogéologiques en place ;
- Les méthodes par calculs numériques, où la zone d'étude est divisée en plusieurs mailles possédant chacune ses propriétés, permettant ainsi de refléter les variations spatiales des propriétés hydrogéologiques et interférences avec d'autres puits.

Le choix de la méthodologie dépend à la fois des enjeux de protection et de la complexité du milieu aquifère dans lequel se trouve l'installation de prélèvement d'eau souterraine. Étant donné la présence de milieux agricoles à proximité et la complexité du modèle géologique, la méthode numérique a été retenue pour faire le calcul des aires de protection des installations de prélèvement. Les limites des aires de protection ont été établies par Jolicoeur en 2006 par calculs analytiques dont les résultats ont été présentés au schéma 5. La présente étude a mis à jour ces aires pour un débit d'exploitation combiné de 260 m³/jour.

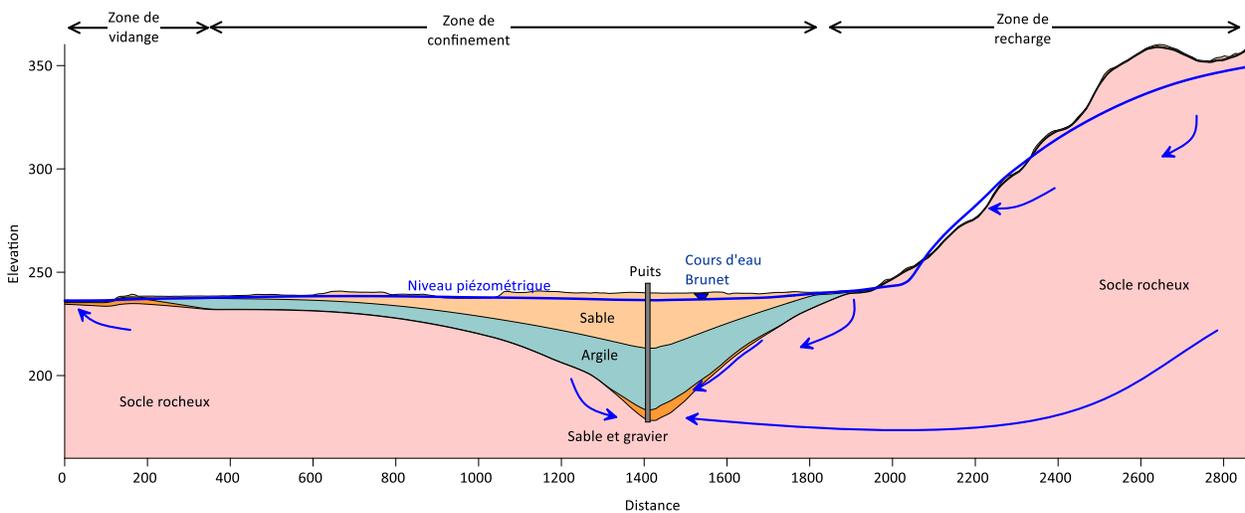
La méthodologie généralement admise pour la réalisation de travaux de modélisation numérique est décrite dans Anderson et Woessner (1992). D'abord, des données de base sont acquises, soit par des travaux de terrain, soit par une revue de littérature. Par la suite, ces données sont interprétées afin de faire la définition du modèle conceptuel qui doit représenter de façon simplifiée la compréhension des processus d'écoulement souterrain par rapport aux objectifs précis de l'étude. Ensuite, un code numérique est choisi, puis utilisé pour numériser sous forme d'équations mathématiques le maillage des couches du modèle, les conditions limites et les propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques.

Une fois le modèle numérique élaboré et les débits de prélèvement déterminés, le parcours à rebours de particules d'eau à partir des puits a été simulé avec des temps de parcours respectifs de 200 jours, 550 jours et à l'infini, de façon à reproduire les isochrones représentatifs des aires de protection bactériologique, virologique et éloignée. Une fois la simulation réalisée, les lignes d'écoulement des particules virtuelles d'eau ont été exportées en format .SHP. Des polygones délimitant l'enveloppe extérieure de ces lignes d'écoulement ont ensuite été créés, puis superposés à la carte du territoire.

4.2.1 Modèle conceptuel

Le principe de la modélisation consiste à élaborer un modèle conceptuel basé sur les informations disponibles et sur les travaux de terrain; à représenter ce modèle conceptuel par un modèle numérique; à ajuster les paramètres de ce modèle afin qu'il puisse représenter, avec un bon degré de confiance, les observations effectuées sur le terrain; pour ensuite l'utiliser à des fins prédictives en conservant tout autre paramètre identique. Les informations hydrogéologiques sont présentées dans les paragraphes qui suivent.

Le modèle conceptuel comprend un aquifère régional formé par le réseau de fractures du socle rocheux régional, lequel est surmonté d'un aquifère composé par des sédiments meubles granulaires et des premiers mètres très fissurés du socle rocheux. Le tout est recouvert par un aquitard de sédiments fins glacio-lacustres. La séquence est complétée en surface par un mince horizon de sables littoraux. La recharge est assurée par l'infiltration des précipitations sur les collines de part et d'autre de la vallée du cours d'eau Brunet et dans les discontinuités de l'aquitard. La coupe schématique ci-dessous illustre ce modèle conceptuel.



Les données provenant de l'ensemble des sources d'information disponibles ont permis de déterminer les propriétés hydrogéologiques de l'aquifère dans le territoire à l'étude. Ainsi, à l'échelle locale, les propriétés hydrogéologiques de l'aquifère sont les suivantes :

- ❑ Conductivité hydraulique de $3,3 \times 10^{-2}$ cm/sec (Jolicoeur, 2005).
- ❑ Porosité effective de 0,20 selon la littérature (Johnson, 1967);

Le tableau 5 présente les élévations piézométriques mesurées en 2006 lors de l'étude réalisée pour la construction des puits de production, ainsi que les élévations piézométriques tirées des données du SIH. Ces données ont constitué la base de référence utilisée pour faire le calibrage du modèle hydrogéologique. Elles indiquent un écoulement souterrain qui converge vers le centre de la vallée du cours d'eau Brunet, puis vers le sud-ouest, selon le sens d'écoulement du cours d'eau.

Tableau 6 : Données piézométriques issues de relevés effectués en 2006 et du SIH

Nom actuel	Coordonnées MTM fuseau 9		Piézométrie statique
	X (m)	Y (m)	(m)
FVB-1-05	392708	5152162	238,59
FVB-2-05	391974	5151752	234,13
FVB-2-06	392026	5151758	234,12
Pz04060001	393094	5152678	240,92
FVB-4-06	392611	5152256	238,58
P1-VB	392607	5152253	238,09
P2-VB	392617	5152262	238,45
SIH-3	390080	5152090	229,11
SIH-4	390098	5152130	223,58
SIH-5	390121	5150700	206,19
SIH-6	390185	5153750	231,41
SIH-19	391077	5150410	214,19
SIH-20	391131	5150210	210,88
SIH-21	391164	5151120	209,45
SIH-22	391241	5151400	215,88
SIH-27	391448	5152830	235,14
SIH-30	391652	5152780	237,45

4.2.2 Modèle numérique

Le logiciel *Visual MODFLOW* a été utilisé pour modéliser l'écoulement souterrain afin d'atteindre les objectifs de l'étude. Ce logiciel utilise le code *MODFLOW 2005* qui permet de représenter de façon simplifiée l'écoulement des eaux souterraines. Ce code a été développé par la Commission Géologique des États-Unis (USGS) et son utilisation est largement répandue au Canada et aux États-Unis. De plus, il est reconnu par les instances gouvernementales. Les équations qui gouvernent le modèle sont présentées dans le manuel de référence du modèle (Mc Donald et Harbaugh, 1988).

Le domaine modélisé couvre une superficie de 20 km². Les dimensions du domaine modélisé sont de 5 000 m par 4 000 m. Le maillage est orienté parallèlement à l'axe du système de coordonnées géodésiques MTM fuseau 9. L'origine du système de maillage est située aux coordonnées suivantes: 390 000 m Est et 5 150 000 m Nord. Les mailles du modèle forment un carré ayant une arête de 20 m. Celles-ci sont raffinées à 8 m dans le secteur des puits. Verticalement, le modèle est composé de quatre couches. L'élévation du toit du modèle correspond à la surface topographique extraite du modèle numérique d'élévation issu de la BDTQ. La couche 1 représente l'aquifère superficiel de sable, la couche 2 représente l'aquitard d'argile glacio-lacustre, la couche 3, l'aquifère de sable et gravier et de roc fracturé à l'interface

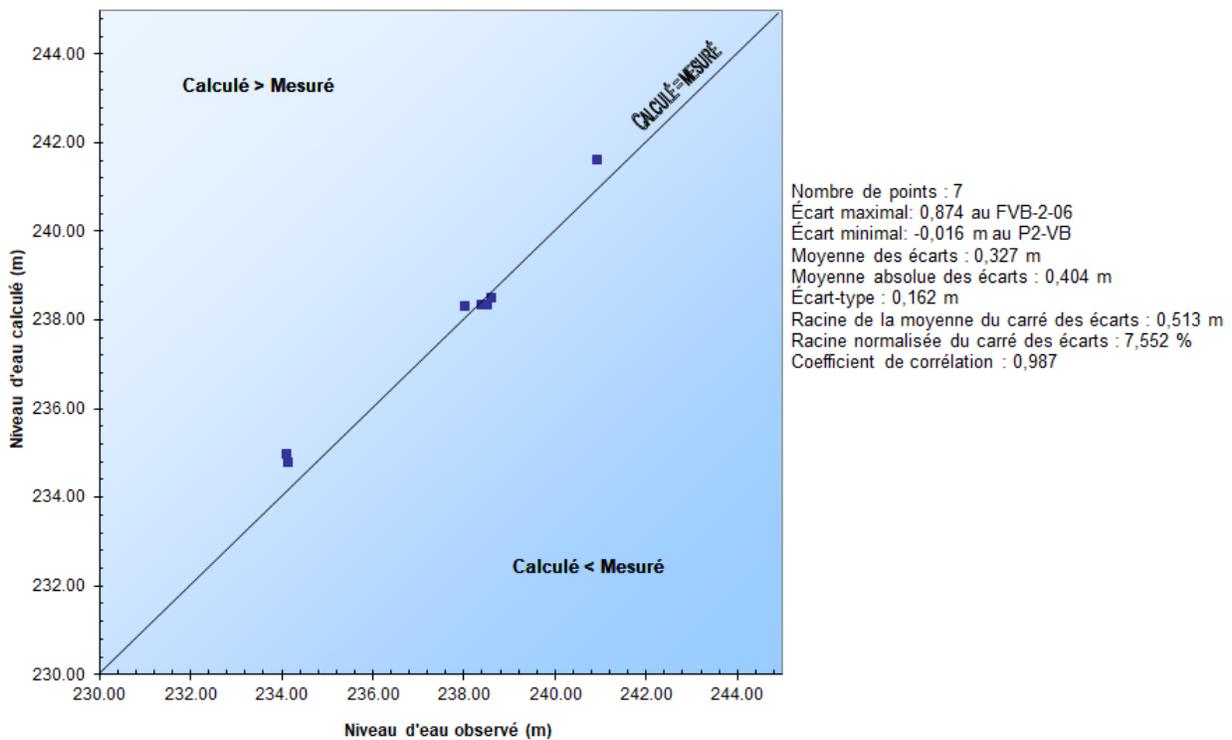
sol-roc et la couche 4, le socle rocheux sain. Les surfaces qui délimitent ces couches ont été interprétées selon les informations disponibles tirées des études hydrogéologiques et du SIH.

Les propriétés hydrogéologiques qui ont été insérées dans le modèle sont celles qui ont été mesurées lors des études hydrogéologiques, lorsque disponibles, sinon elles ont été tirées de la littérature, puis ajustées lors du processus de calibrage du modèle. Ainsi, la conductivité hydraulique de l'aquifère est de $3,33 \times 10^{-2}$ cm/sec, tandis que la conductivité hydraulique des autres unités varie de 1×10^{-6} à 5×10^{-3} cm/sec (voir figure 7).

Les limites latérales du modèle ont été simulées avec des limites de type « charge constante » pour simuler les niveaux d'eau aux limites du modèle. Des conditions limites de type « drains » ont été utilisées afin de représenter les cours d'eau superficiels de faible importance, tandis que les lacs ont été simulés au moyen de conditions limites de type « rivière ». Des conditions limites de type « Recharge » ont été utilisées afin de simuler le flux d'eau entrant par la surface via l'infiltration des précipitations. Pour ce faire, le territoire a été subdivisé en trois zones. Un taux de recharge constant de 350 mm/an a été assigné sur les mailles du modèle où l'altitude est élevée et que le socle rocheux est près de la surface, une recharge de 310 mm/an a été assignée aux zones de moyenne altitude, où le till est cartographié et une recharge de 270 mm/an a été assignée aux zones de basse altitude où des sables superficiels sont cartographiés (voir figure 7). Finalement, une condition limite de type « ETS » a été assignée à toute la surface du modèle afin d'éviter que la nappe phréatique se retrouve au-dessus de la topographie. Une valeur potentielle de 500 mm/an lui été assignée.

Le calibrage du modèle a été effectué en ajustant la conductivité hydraulique de chacune des unités, ainsi que la recharge, de façon à reproduire la piézométrie observée. Le calibrage a été considéré satisfaisant lorsqu'il n'a plus été possible de diminuer les écarts entre les données mesurées et les données calculées sans recourir à des conditions limites non identifiables physiquement ou par interprétation. Le graphique 4 présente les résultats de la calibration de la simulation en régime permanent. Les différences entre les charges observées et les charges calculées par le modèle sont attribuables à l'approximation faite quant à l'homogénéité des couches géologiques faisant partie du modèle. Le modèle permet néanmoins de représenter le sens global de l'écoulement des eaux souterraines et respecte la géométrie de l'aquifère. La grille du modèle numérique, les unités hydrogéologiques et les conditions limites du modèle numérique sont présentées à la figure 7 du présent document.

Graphique 5: Comparaison entre les niveaux d'eau observés et simulés



Une évaluation qualitative de la sensibilité des paramètres utilisés pour la conception du modèle numérique a été réalisée. Cette évaluation a été effectuée pendant le processus de calibrage en notant l'effet des changements dans les paramètres sur le résultat obtenu en simulation prédictive.

La norme de l'ASTM (American Society for Testing and Materials) nommée D 5611 - Sensitivity Analysis décrit les quatre types de sensibilité des paramètres:

- ❑ Sensibilité de type 1: la modification d'un paramètre n'a pas d'effet sur le calibrage ni sur le résultat;
- ❑ Sensibilité de type 2: la modification d'un paramètre change le calibrage, pas le résultat;
- ❑ Sensibilité de type 3: la modification d'un paramètre change le calibrage ainsi que le résultat;
- ❑ Sensibilité de type 4: la modification d'un paramètre n'a pas d'effet sur le calibrage, mais change le résultat.

Les quatre types de sensibilité décrits ci-dessus font référence au modèle calibré en régime permanent et aux aires de protection obtenues. Les paragraphes suivants décrivent le type de sensibilité respectif pour les paramètres de conductivité hydraulique et pour les conditions limite de recharge, de charges constantes et de drains.

La sensibilité de la conductivité hydraulique de l'aquifère est de type 1 pour de faibles variations à l'intérieur du même ordre de grandeur. Pour un changement d'ordre de grandeur, sa sensibilité est de type 3. En effet, une mauvaise évaluation de la conductivité hydraulique aurait pour conséquence de ne pas représenter adéquatement le patron d'écoulement observé, par conséquent, de changer la forme et la superficie des aires de protection autour des puits sous les conditions projetées. La conductivité hydraulique ayant été bien documentée dans l'aquifère, il est peu probable que ce paramètre soit la source d'une importante erreur dans l'outil prédictif.

Sous de légères modifications de recharge (augmentation de 10%), le modèle possède une sensibilité de type 1. Pour des modifications plus importantes de recharge (augmentation de 50%), ce paramètre possède une sensibilité de type 2.

La modification des charges des conditions limites de type rivière qui représentent les lacs a été réalisée sur la conductance des sédiments. Celle-ci possède une sensibilité de type 1. En effet, ceux-ci sont éloignés et en faible lien avec l'aquifère. Les conditions limites de type drain sont également de type 1, puisqu'elles sont situées à la surface du modèle et n'affectent que très peu l'aquifère qui est maintenu captif sous une épaisse couche d'argile.

Le développement du modèle conceptuel s'appuie sur des hypothèses de travail, lesquelles ont été énumérées dans une section précédente. Cependant, les hypothèses posées causent parfois des différences entre les résultats simulés et les résultats mesurés, car le modèle géologique réel est beaucoup plus complexe que l'idéalisation représentée par le modèle numérique.

Aussi, tel que discuté dans la section précédente, les écarts entre les charges calculées par le modèle et les charges observées peuvent provenir de la simplification d'un modèle géologique complexe. En effet, les charges hydrauliques réelles sont en mouvement constant, ce qui n'est pas le cas dans le modèle numérique. Dans ces circonstances, une calibration présentant une erreur moyenne absolue d'environ un mètre montre que le modèle représente de façon

adéquate le système et peut être considéré comme calibré pour les simulations qui font l'objet de ce rapport.

Ainsi, les interprétations hydrogéologiques présentées dans ce rapport, calibrées sur les données mesurées, constituent la meilleure représentation possible de l'écoulement souterrain et convergent vers les constats de terrain. Il faut toutefois considérer ce modèle numérique comme un outil de compréhension et de gestion plutôt que comme une prédiction absolue.

4.3 Simulations réalisées et résultats obtenus

Une simulation représentant l'exploitation de l'installation de prélèvement a été réalisée pour simuler les aires de protection intermédiaires et éloignée des puits au débit de 260 m³/jour. Il est à noter qu'à l'échelle du modèle, les deux puits ont été considérés comme un seul prélèvement.

Pour ce faire, le module MODPATH a été utilisé. Ce module permet la simulation du transport advectif de particules fictives d'eau. Il permet d'établir la distance qui correspond à des temps de parcours des eaux souterraines (200 jours pour la protection bactériologique et 550 jours pour la protection virologique). La figure 8 présente une carte de la piézométrie obtenue, tandis que la figure 9 montre la localisation des aires de protection.

4.3.1 Aire de protection intermédiaire bactériologique

L'aire de protection bactériologique du puits est caractérisée par l'isochrone de 200 jours. Elle possède une superficie d'environ 2,7 ha. Elle s'étend sur une distance maximale de 210 m à partir des puits.

4.3.2 Aire de protection intermédiaire virologique

L'aire de protection virologique du puits est caractérisée par l'isochrone de 550 jours. Elle possède une superficie d'environ 17,4 ha en incluant l'aire de protection bactériologique. Elle s'étend sur une distance maximale de 540 m des puits.

4.3.3 Aire de protection éloignée

L'aire de protection éloignée des puits possède une forme complexe due au relief relativement plat du territoire à l'étude. Elle possède une superficie d'environ 270 ha en incluant les aires de protection intermédiaires. Elle s'étend sur une distance maximale de 2 500 m des puits.

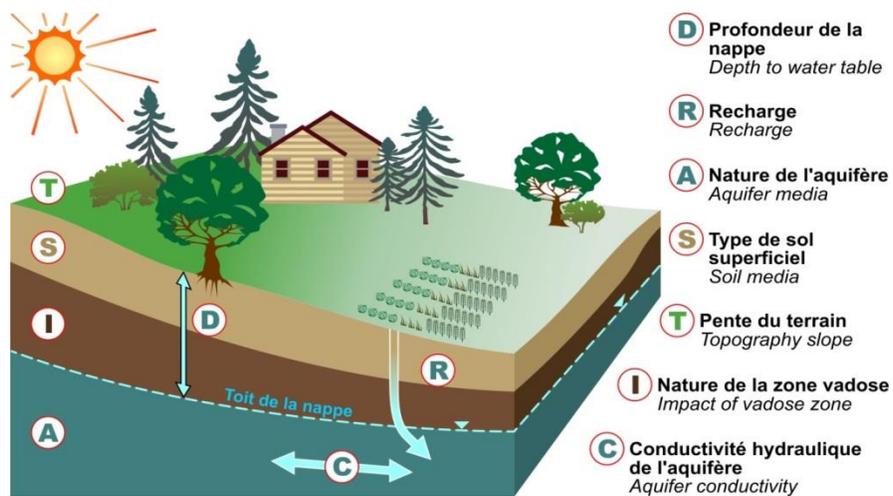
5. NIVEAU DE VULNÉRABILITÉ DES EAUX DANS LES AIRES DE PROTECTION

5.1 Généralités

La vulnérabilité de l'aquifère à la contamination par rapport aux activités de surface a été établie sur la base de l'indice DRASTIC (Aller et al., 1987). Il s'agit d'une méthode ou d'un système normalisé qui permet une évaluation quantitative du potentiel de contamination des nappes d'eau souterraine à l'aide des conditions hydrogéologiques qui prévalent dans la région concernée. La méthode DRASTIC est décrite en détail dans le document EPA/600 2-87-035 (Aller, 1987).

Cette méthode tient compte de sept paramètres hydrogéologiques, soit la profondeur de l'aquifère, le taux de recharge, la nature de l'aquifère, le type de sol superficiel, la pente du terrain, la nature de la zone comprise entre la surface et le toit de l'aquifère et enfin, la conductivité hydraulique. Ces paramètres sont illustrés au schéma 8. Chacun de ces paramètres est quantifié en lui attribuant une valeur numérique, laquelle est à son tour multipliée par un facteur pondérateur. L'indice DRASTIC résultant est la somme des produits obtenus pour chacun des paramètres considérés. Plus l'indice est élevé, plus le potentiel de contamination de la nappe d'eau souterraine est élevé. L'indice DRASTIC d'un aquifère peut théoriquement être évalué au minimum à 23 et, au maximum, à 226. Pour fins de cartographie, un code de couleur de l'indigo au rouge est attribué à cette plage de valeurs de vulnérabilité.

Schéma 7 : Les sept paramètres hydrogéologiques (Decelles et al., 2019)



5.2 Méthodologie de calcul

La carte d'indice DRASTIC pour l'aquifère exploité par la municipalité de Lac-des-Écorces, secteur Val-Barrette a été préparée selon la méthodologie suivante : chacun des paramètres de l'indice DRASTIC a d'abord été cartographié en format matriciel, ensuite, les mailles de chacune des grilles correspondant aux paramètres ont été multipliées par leur facteur pondérateur respectif, puis les sept grilles ont été additionnées de façon à obtenir un indice DRASTIC pour chaque maille du fichier matriciel. Un travail de classification par couleur selon la méthodologie décrite dans le document original de l'EPA a ensuite été fait pour compléter la cartographie. Les paragraphes qui suivent décrivent chacun des paramètres de l'indice DRASTIC.

5.2.1 Profondeur de la nappe (D)

Puisque l'aquifère est captif à libre en fonction des dépôts superficiels. La profondeur de la nappe est parfois l'épaisseur de la couche d'argile, lorsque présente, sinon la profondeur de la nappe. Dans les aires de protection des puits, les cotes varient de 1 à 10 soit plus grand que 31 m à plus petit que 1,5 m. La carte « paramètre D » de l'annexe 5 présente la distribution des cotes reliées à la profondeur de la nappe d'eau souterraine.

5.2.2 Recharge (R)

La recharge nette, c'est-à-dire le taux de recharge attribué au modèle, moins le trop-plein évacué par les conditions limites représentant la surface du sol, a été extraite du modèle numérique pour générer la grille de distribution de la recharge. Les données ont été reclassées selon les classes de la méthode DRASTIC. Ainsi, des cotes de 1 (< 50 mm/an) à 9 (>250 mm/an) ont été obtenues. La zone de faible recharge correspond majoritairement à la zone de nappe captive alors que la recharge augmente en zone de relief. La carte « paramètre R » de l'annexe 5 montre la distribution des cotes reliées à la recharge annuelle de l'aquifère.

5.2.3 Type d'aquifère (A)

La formation aquifère de la zone d'étude est constituée de sable et gravier dans la vallée et de roche ignée en bordure. Une cote de 8 a été assignée pour l'unité de sables et graviers, comparativement à 3 pour la zone rocheuse. La carte « paramètre A » de l'annexe 5 représente la distribution des cotes reliées à l'aquifère.

5.2.4 Type de sol (S)

La carte des types de sols a été calquée à partir de la carte des sols de l'IRDA. Pour l'ensemble des aires de protection, des cotes de 2, 6, 7 et 9 ont été attribuées selon le type de sol présent, soit de la terre noire, loam sableux, sable loameux et sable grossier. La carte « paramètre S » de l'annexe 5 illustre les résultats.

5.2.5 Topographie (T)

Le paramètre de topographie est classé selon la pente pour chaque cellule de la grille de travail. Cette matrice est obtenue directement à l'aide de l'outil *Terrain Modelling* du logiciel Surfer et reclassée selon le paramètre topographie de la méthode DRASTIC. Dans la grande partie des aires de protection, le terrain est relativement plat. Toutefois des cotes de 1 à 10 ont été attribuées dans l'aire d'alimentation des puits. La carte « paramètre T » de l'annexe 5 indique les pentes du terrain classées selon les cotes DRASTIC.

5.2.6 Impact de la zone vadose (I)

L'indice DRASTIC pour l'impact de la zone vadose a été évalué à partir de la carte des formations superficielles et de la carte d'épaisseur des dépôts meubles. Lorsque les dépôts meubles sont de nature argileuse, l'aquifère est considéré comme captif et alors, une cote de 1 est attribuée. Une cote de 2 est donnée sur les portions du territoire où les dépôts meubles cartographiés sont d'origine glaciaire (till). La zone de transition entre ces deux unités est composée de sédiments glaciolacustres littoraux de cote 6. La carte « paramètre I » de l'annexe 5 représente la distribution des cotes attribuées.

5.2.7 Conductivité hydraulique (C)

Les conductivités hydrauliques obtenues suite au processus de calibrage du modèle d'écoulement ont été utilisées pour attribuer la cote C. Ces conductivités hydrauliques correspondent à une cote de 6 (3×10^{-4} à 5×10^{-4} m/s) au centre de la vallée et de 1 (5×10^{-7} à 5×10^{-5} m/s) sur les côtés. La carte « paramètre C » de l'annexe 5 illustre les résultats.

5.3 Résultats obtenus

La figure 10 présente une carte de répartition de l'indice DRASTIC pour un maillage de 20 m par 20 m et superposée aux aires de protection. Il est possible d'y observer que l'indice DRASTIC

varie sur le territoire à l'étude entre 69 et 150. Il est à noter que la zone la plus vulnérable se situe en bordure de la zone de relief au contact de l'aquifère de sable et gravier et les roches ignées.

La valeur maximale de l'indice DRASTIC observée sur les aires de protection immédiate et intermédiaire bactériologique est dans le niveau de vulnérabilité faible (84). L'indice DRASTIC est moyen pour l'aire de protection intermédiaire virologique et éloignée avec une cote maximale de 102 et 150, respectivement. Le tableau 7 présente les plages d'indices DRASTIC obtenues pour chaque aire de protection.

Tableau 7 : Niveaux de vulnérabilité des aires de protection des puits P1-VB et P2-VB

Aire de protection	Plage d'indices DRASTIC	Niveau de vulnérabilité
Immédiate	80 - 83	Faible
Intermédiaire (bactériologique)	70 - 84	Faible
Intermédiaire (virologique)	69 - 102	Moyen
Éloignée	69 - 150	Moyen

6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

À la lumière des inventaires et calculs réalisés dans le cadre de ce mandat, il est possible de formuler les conclusions et recommandations suivantes :

- La municipalité de Lac-des-Écorces, secteur Val-Barrette, exploite, pour l'approvisionnement en eau de son réseau d'aqueduc, un site composé de deux installations de prélèvement d'eau souterraine exploitant un aquifère composé du contact entre les dépôts meubles et le socle rocheux. L'aquifère est captif à l'endroit des puits, mais la couche d'argile qui maintient le confinement est discontinue en direction de l'amont ;
- L'aménagement des installations de prélèvement d'eau et leur aire de protection immédiate respecte les normes prescrites dans le RPEP à l'exception du périmètre clôturé qui est inférieur au 30 m réglementaire ;
- Les caractéristiques des installations de prélèvement sont bien documentées et un système de traitement d'eau permet de rendre celle-ci conforme avant sa distribution en réseau. Toutefois, les caractéristiques de l'eau permettent la formation de sous-produits de la chloration ;
- Le prélèvement d'eau moyen mensuel est relativement constant depuis avril 2013 avec un débit moyen de 219 m³/jour ;
- Les aires de protection intermédiaire et éloignée ont été mises à jour par modélisation numérique à l'aide du logiciel *Visual MODFLOW* pour un débit d'exploitation journalier de 260 m³/jour ;
- La cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère a été effectuée selon la méthode DRASTIC. Les aires de protection immédiate et intermédiaire bactériologique ont un niveau de vulnérabilité faible alors que les aires de protection intermédiaire virologique et éloignée ont un niveau de vulnérabilité moyen ;

RÉFÉRENCES

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., and Petty, R.J., 1985, DRASTIC- A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. U.S. Environmental Protection Agency report EPA/600/2-85/018, 163 p.

Decelles, A-M., M. Ferlatte, Y. Tremblay et J. Ruiz, 2019. Protéger les sources municipales d'eau souterraines et répondre aux exigences du RPEP. Atelier d'échange de connaissances, cahier du participant. Trois-Rivières, Réseau québécois sur les eaux souterraines.

Frederic, J.R., août 1977. Rapport de mise en valeur sur le gisement de dolomie de Val-Barrette, Canton de Campbell, Comté de Labelle, Québec.

GENIVAR, 2007. Évaluation environnementale de site, Phase I, rue Hôtel-de-Ville, Lac-des-Écorces (Québec).

GENIVAR, 2007. Description sommaire et débits de conception, chapitre 2 et Captage des eaux souterraines, chapitre 3.

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), janvier 2009. Cartes pédologiques, feuillets 31J1101 et 31J06201, échelle 1 : 20 000.

Jolicoeur, M., juin 2006. Municipalité de Lac-des-Écorces, Secteur Val-Barrette, Étude hydrogéologique, Recherche en eau souterraine.

Jolicoeur, M., janvier 2007. Municipalité de Lac-des-Écorces, Secteur Val-Barrette, Rapport de construction des puits P.P.1/06 et P.P.2/06.

Lacoste, P., 2001. Géologie de la région de Ferme-Neuve (SNRC 31J/11). RG 2000-01. Géologie Québec.

Ministère de l'énergie et des ressources naturelles du Québec (GESTIM), 2019. Cartes des titres miniers 31J11 et 31J06, échelle 1/50 000.

Ministère de l'énergie et des ressources naturelles du Québec (SIGEOM), 2010. Cartes géologiques du SIGÉOM – feuillet 31J, Compilations géologiques 31J11 et 31J06.

Ministère de l'énergie et des ressources naturelles du Québec (SIGPEG), 2016. Carte des puits pétroliers et gaziers. <http://sigpeg.mrn.gouv.qc.ca/gpg/hydrocarbures/hydrocarbures.htm>

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 2019. Détermination des aires de protection des prélèvements d'eau souterraine et des indices de vulnérabilité DRASTIC – Guide technique. Site Internet:

<http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/drastic/guide.pdf>

Ministère de l'Environnement et Ressources naturelles du Canada, 2019. Normales et moyennes climatiques de 1981 – 2010, Station Mont-Laurier. Site Internet :

https://climate.weather.gc.ca/climate_normals/index_f.html

Ministère du développement durable, environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec, 2015. Guide de conception des installations de production d'eau potable. Site Internet: <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/guide/index.htm>

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 2018. Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable au Québec. Site internet :

<http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/prelevements/guide-analyse-vulnerabilite-des-sources.pdf>

Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec, 2019. Installation municipales de distribution d'eau potable. Site Internet:

<http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/distribution/resultats.asp>

Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec, 2020. Liste des titulaires d'un permis d'utilisation pour des équipements pétroliers à risque élevé. Site Internet :

<https://www.rbq.gouv.qc.ca/domaines-dintervention/equipements-petroliers/liste-des-titulaires-dun-permis-dutilisation.html>

Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec, 2019. Registre des interventions d'Urgence-Environnement. Site Internet:

http://www.environnement.gouv.qc.ca/ministere/urgence_environnement/resultats_region.asp

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec,

2019. Répertoire des barrages. Site internet : <https://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/default.asp>

Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec,
2019. Répertoire des dépôts de sols et de résidus industriels. Site Internet:

http://www.environnement.gouv.qc.ca/sol/residus_ind/recherche.asp

Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec,
2020. Répertoire des sites d'équipements pétroliers. Site Internet :

<https://www.rbq.gouv.qc.ca/domaines-dintervention/equipements-petroliers/repertoire-des-sites-dequipements-petroliers.html>

Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec,
2019. Répertoire des terrains contaminés. Site Internet:

<http://www.environnement.gouv.qc.ca/sol/terrains/terrains-contamines/recherche.asp>

Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec,
2020. Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec. Site internet :

<http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/piezo/index.htm>

Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec,
2020. Service de diffusion de la cartographie hydrogéologique. Site internet :

<https://www.servicesenligne.mddep.gouv.qc.ca/Atlas>

Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec,
2019. Système d'information hydrogéologique (SIH). Site Internet:

<http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/sih/index.htm>

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec,
2019. Zone d'intervention spéciale, Délimitation du territoire inondé lors des crues printanières
de 2017 et 2019 inclus dans la zone d'intervention spéciale. Site internet :

<https://www.cehq.gouv.qc.ca/zones-inond/zone-intervention-speciale.htm>

Ministère des ressources naturelles du Canada, 1994. Cartes topographiques 31J11 et 31J06,
échelle 1/50 000.

Ministère des ressources naturelles du Québec, 2006. Cartes topographiques 31J11-0101 et
31J06-0201, échelle 1/20 000.

Publications Québec, 1^{er} novembre 2019, Règlement sur le prélèvement des eaux et leur
protection (RPEP).

Publications Québec, 1^{er} novembre 2019, Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP).

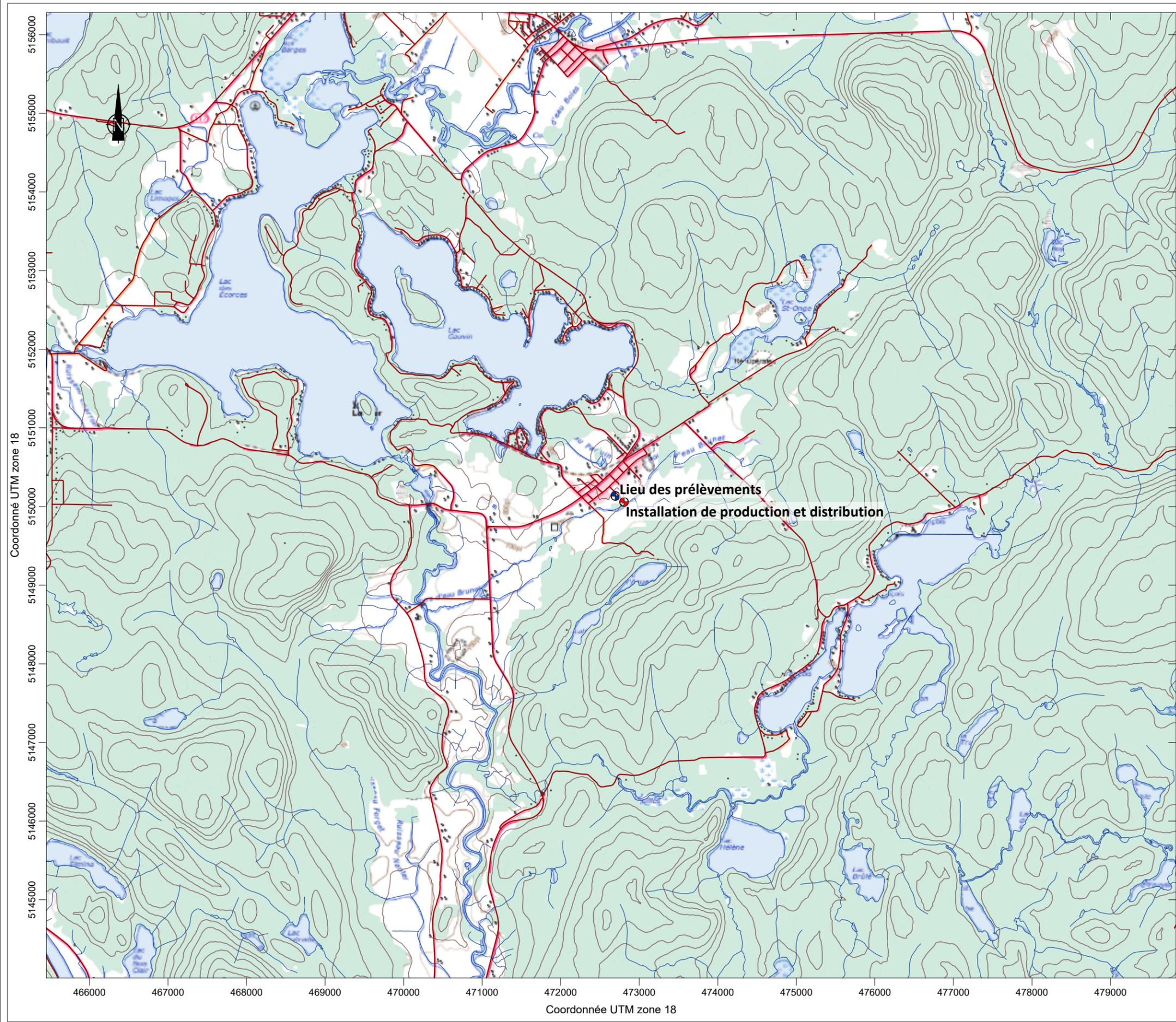
Secrétariat du conseil du trésor du Canada, Inventaire des sites contaminés fédéraux. Site internet : <https://www.tbs-sct.gc.ca/fcsi-rscf/home-accueil-fra.aspx>

Service de l'aménagement du territoire de la M.R.C. d'Antoine-Labelle, 2000. Plan d'urbanisme, Règlement numéro 259-2000, Municipalité de Val-Barrette.

Service de l'inventaire forestier du Québec et Société générale de foresterie Sylvico inc., 14 février 1992. Carte de dépôts de surface, Document de travail.

**MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES – SECTEUR VAL-BARRETTE
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE
POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N^{OS} X0009229-1 ET -2**

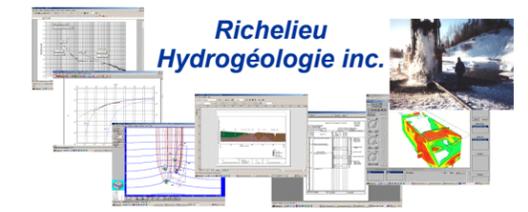
ANNEXE 1 : CARTES DU RAPPORT



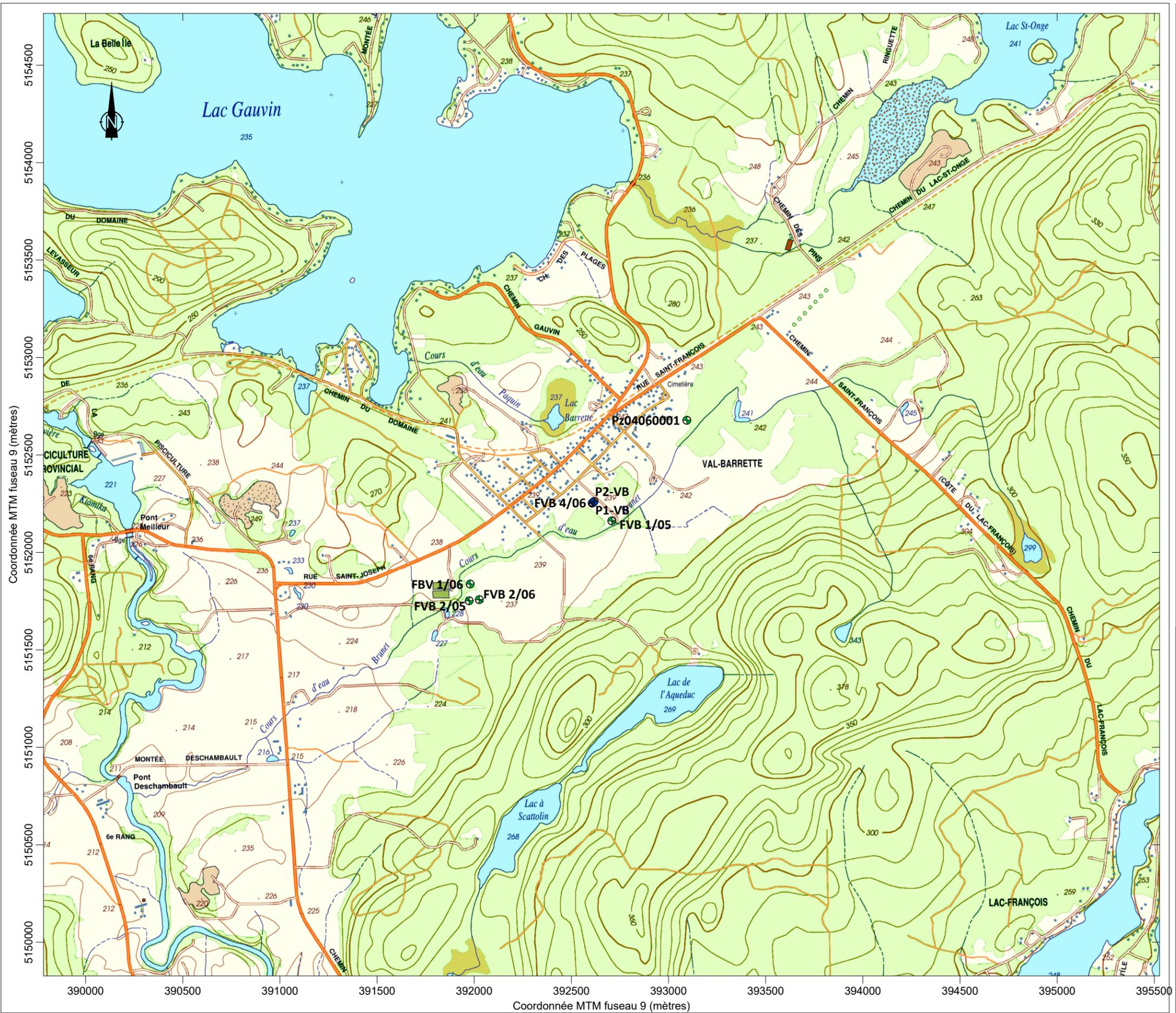
- Légende**
-  Prélèvements d'eau souterraine du secteur Val-Barrette
 -  Installation de production et de distribution de l'eau potable



Carte topographique tirée de Ressources Naturelles Canada
feuillets 31J06 et 31J11



Titre	
FIGURE 1 : LOCALISATION À L'ÉCHELLE 1 : 50 000	
Projet	
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N^{OS} X0009229-1 et -2	
Interprétation et dessin	
Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue	
Date	Échelle
Juillet 2020	1 : 50 000



Coordonnée MTM fuseau 9 (mètres)

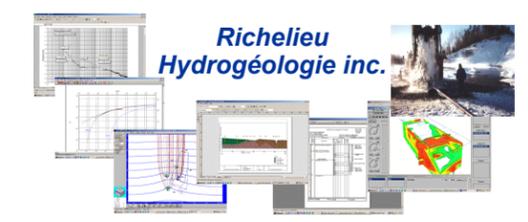
Coordonnée MTM fuseau 9 (mètres)

Légende

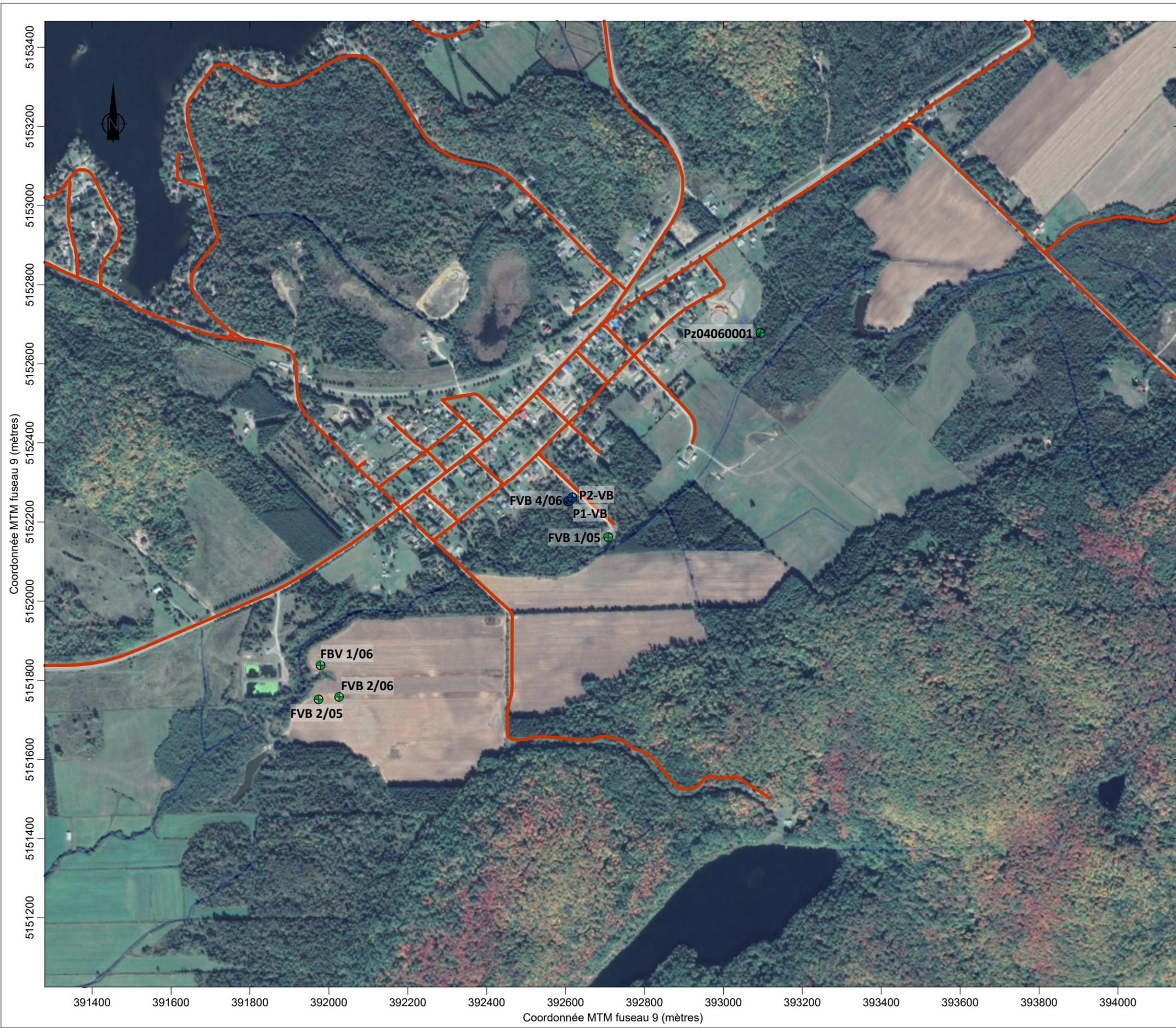
- Prélèvement d'eau souterraine
- Puits d'observation utilisés dans le cadre de l'étude



Carte topographique tirée de Ressources Naturelles Québec
feuillets 31J06-201 et 31J11-101



<p>FIGURE 2 : EXTRAIT DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE À L'ÉCHELLE 1 : 20 000</p>	
<p>Projet MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N^{OS} X0009229-1 ET -2</p>	
<p>Interprétation et dessin Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue</p>	
<p>Date Juillet 2020</p>	<p>Échelle 1 : 20 000</p>

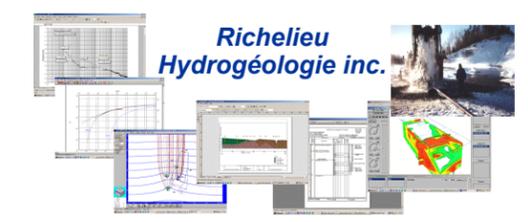


Légende

- Prélèvement d'eau souterraine
- Puits d'observation utilisé dans le cadre de l'étude



Imagerie tirée de Google Earth
Réseaux routiers et hydrographiques: CANVEC



Titre

FIGURE 3 : IMAGERIE SATELLITAIRE

Projet

MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE
POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N^{OS} X0009229-1 ET -2

Interprétation et dessin

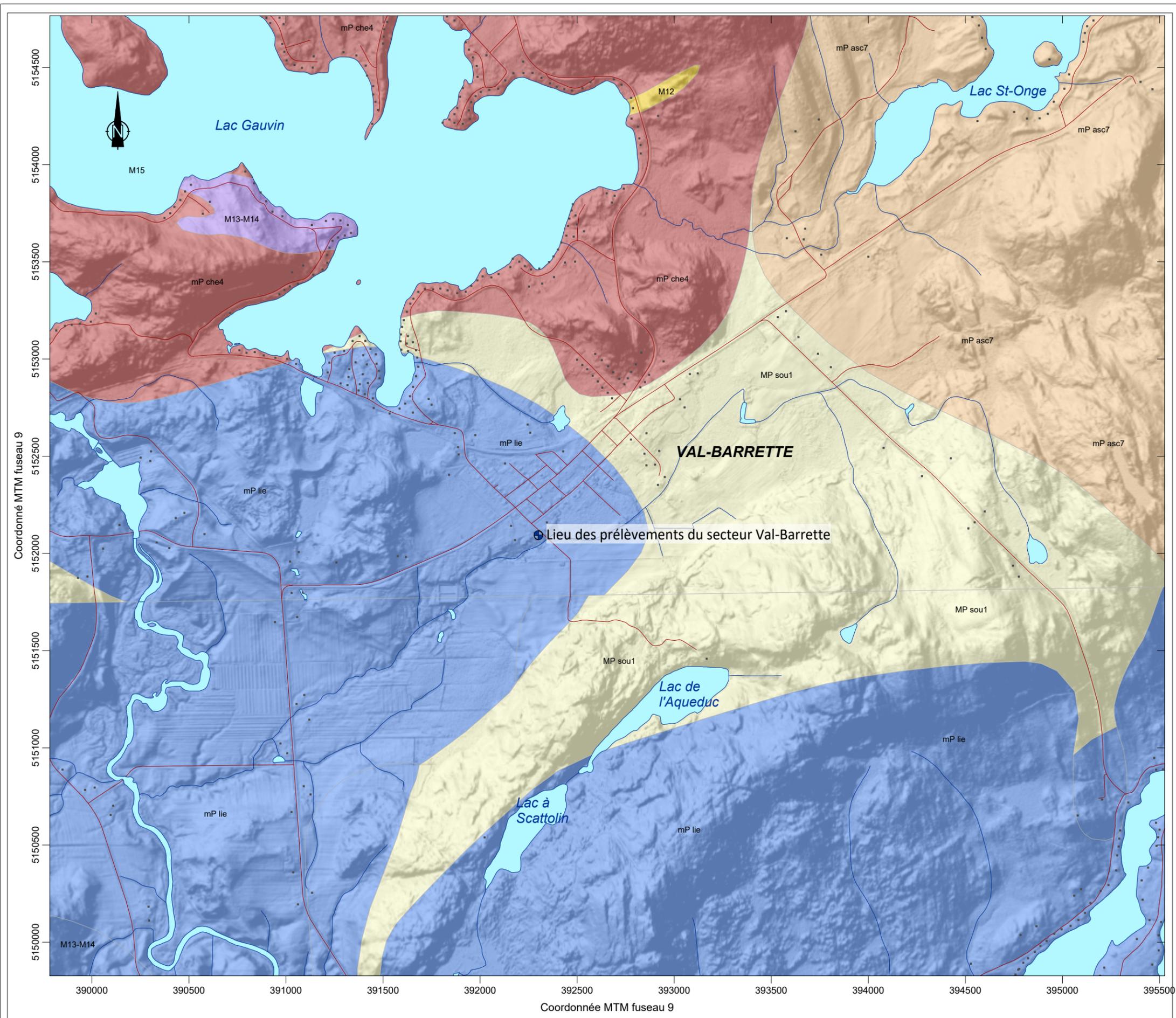
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date

Juillet 2020

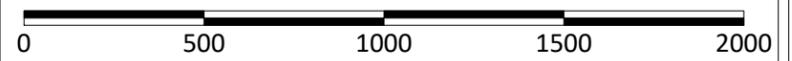
Échelle

1 : 10 000



Légende

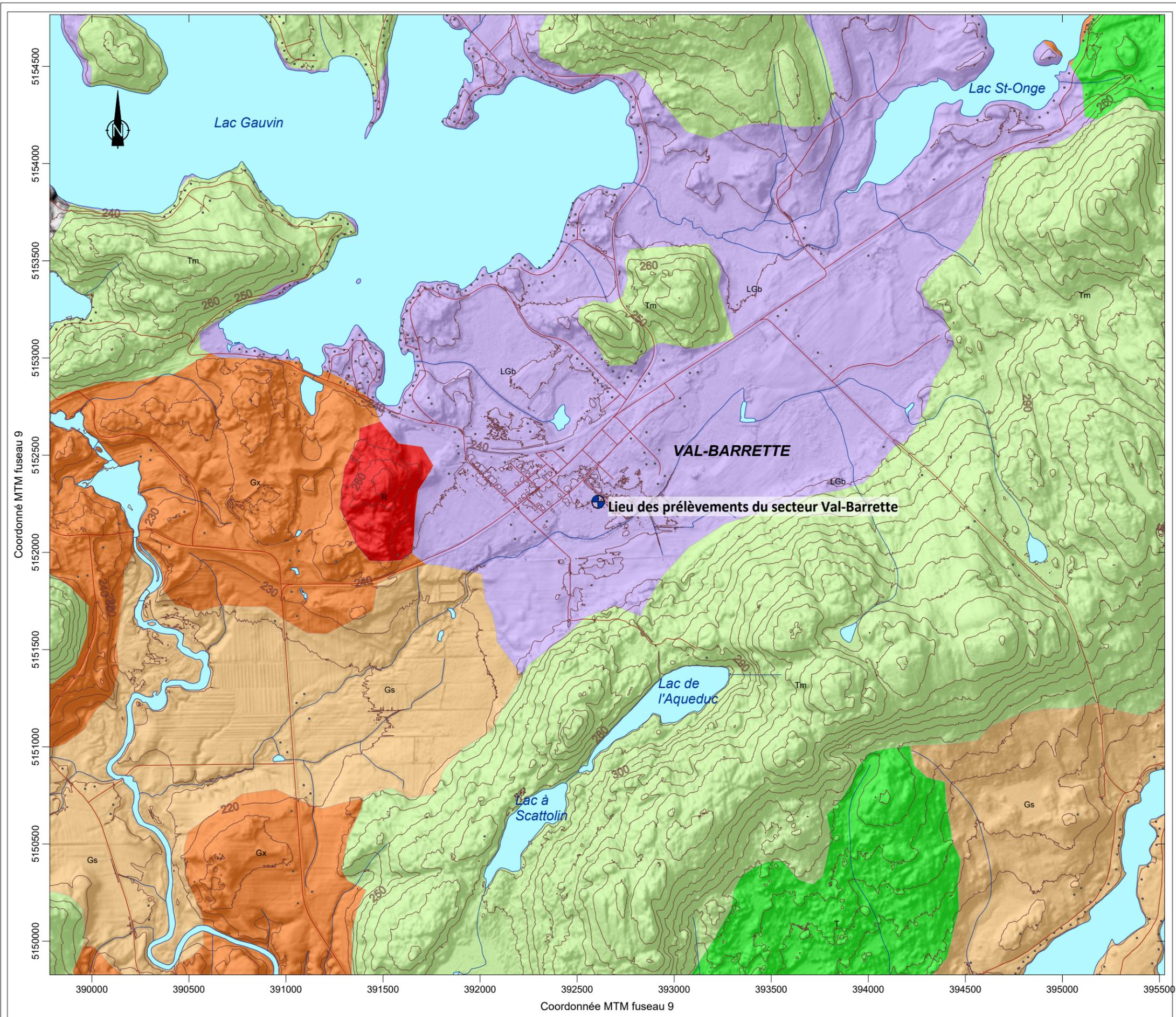
-  Lieu des prélèvement d'eau souterraine
-  Suite intrusive de Chevreuil : monzonite quartzifère, monzonite et monzogranite
-  Suite supracrustale de l'Ascension : Paragneiss
-  Séquence carbonatée de la Lièvre : marbre et roche calcosilicatée
-  Suite supracrustale du Sour : Quartzite et gneiss quartzeux
-  Quartzite



Réseaux routiers et hydrographiques: CANVEC
 Modèle numérique d'altitude : LIDAR, MERN Québec
 Géologie : SIGEOM, feuillets 31J11 et 31J06, MERN Québec



Titre	
FIGURE 4 : EXTRAIT DE LA CARTE GÉOLOGIQUE	
Projet	
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N ^{OS} X0009229-1 ET -2	
Interprétation et dessin	
Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue	
Date	Échelle
Juillet 2020	1 : 20 000



Légende

-  Lieu des prélèvements d'eau souterraine
-  Sédiments organiques : tourbe, débris végétaux
-  Sédiments glaciolacustres littoraux : sable, sable silteux, gravier et blocs
-  Sédiments d'épandage proglaciaire : sable, gravier, blocs
-  Sédiments juxtaglaciaires : sable et gravier, blocs, une peu de diamicton
-  Till en couverture mince et discontinue : silt, sable, gravier et cailloux
-  Till non différencié : silt, sable, gravier et cailloux
-  Affleurements du socle rocheux



Réseaux routiers et hydrographiques: CANVEC
 Modèle numérique d'altitude : LIDAR, MERN Québec
 Géologie : Service des inventaires forestiers, feuillets 31J11 et 31J06, MERN Québec



FIGURE 5 : EXTRAIT DE LA CARTE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES	
Projet MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N^{OS} X0009229-1 ET -2	
Interprétation et dessin <p style="text-align: right;">Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue</p>	
Date	Échelle
Juillet 2020	1 : 20 000

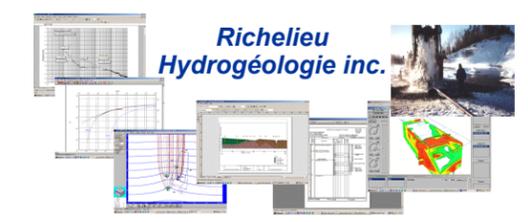


Légende

- Prélèvement d'eau souterraine
- Piézomètre aménagé dans le cadre d'étude antérieure
- Forage utilisé du SIH



Carte topographique tirée de Ressources Naturelles Québec
feuilles 31J06-201 et 31J11-101



Titre

**FIGURE 6 : LOCALISATION DES PUIIS,
PIÉZOMÈTRES ET FORAGES RÉPERTORIÉS
DANS LE SIH (rayon de 1,5 km)**

Projet

**MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE
POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N^{OS} X0009229-1 et -2**

Interprétation et dessin

**Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue**

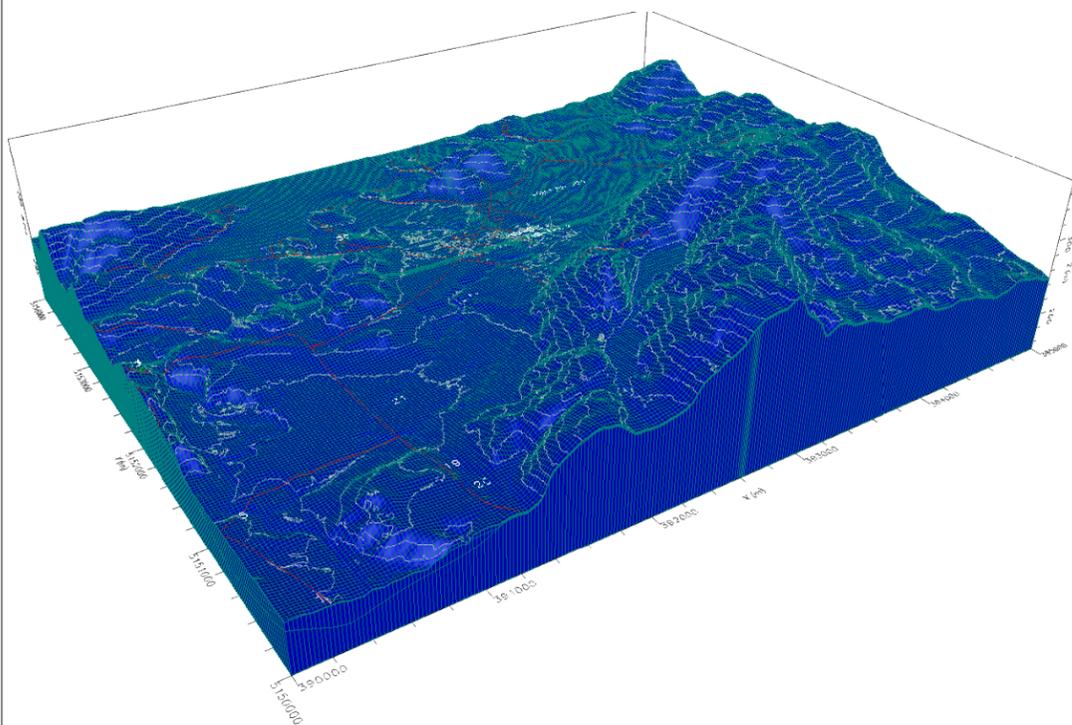
Date

Juillet 2020

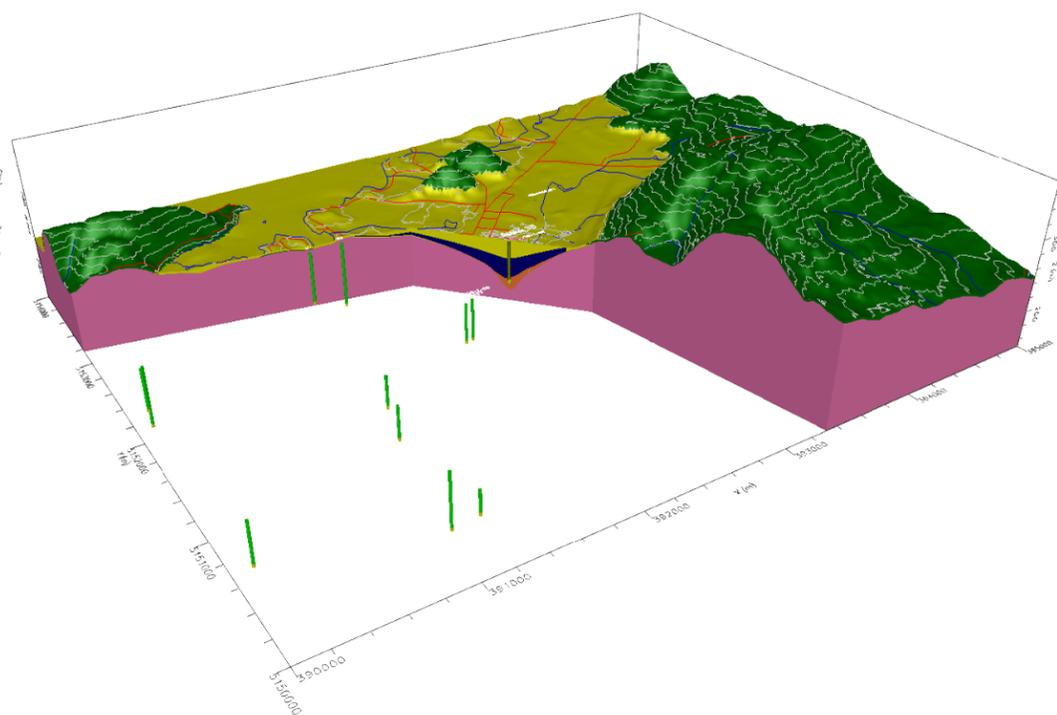
Échelle

1 : 20 000

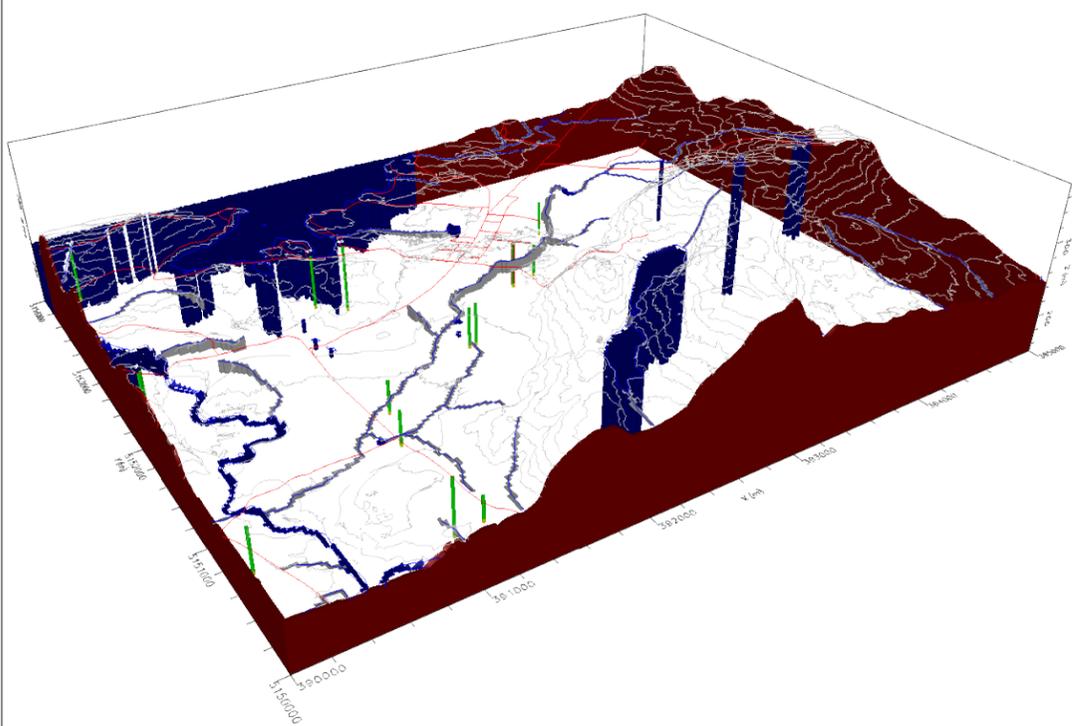
A) Grille du modèle numérique



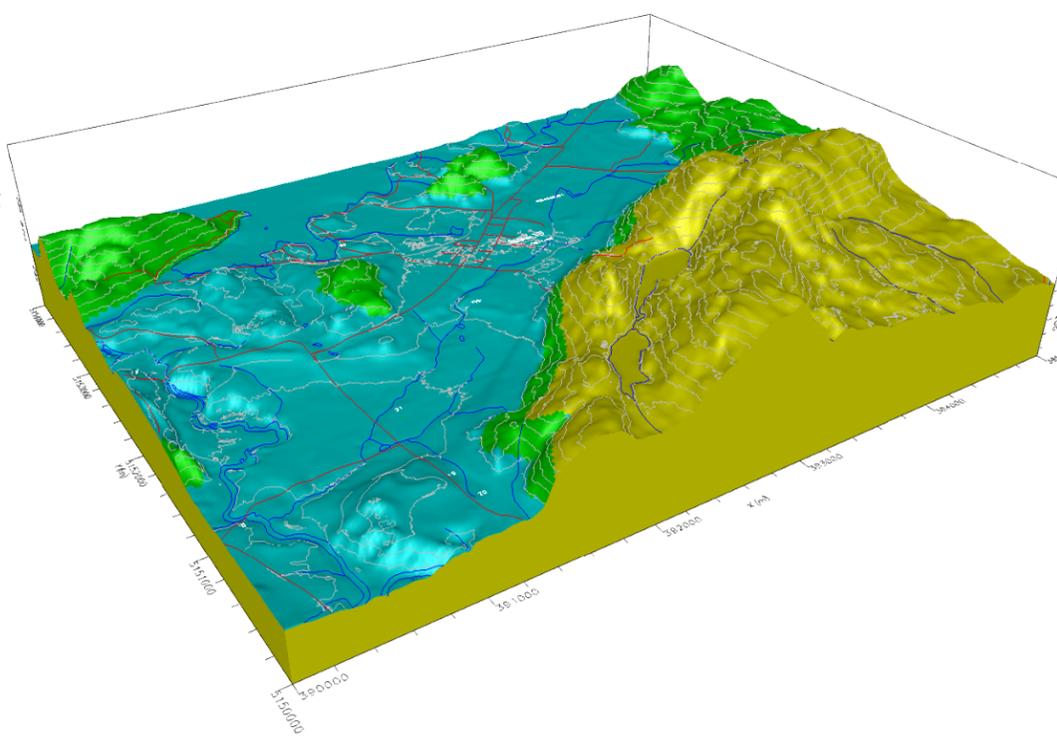
B) Propriétés hydrogéologiques



C) Conditions limites



D) Conditions limites de recharge



Légende

Unités hydrostratigraphiques

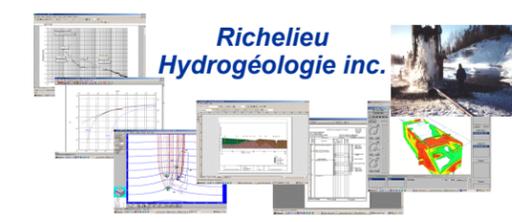
	Socle rocheux	$K = 1,0 \times 10^{-5}$ cm/sec
	Till	$K = 2,0 \times 10^{-4}$ cm/sec
	Sédiments fluvio-glaciaires	$K = 3,3 \times 10^{-2}$ cm/sec
	Sédiments fins	$K = 1,0 \times 10^{-6}$ cm/sec
	Sables superficiels	$K = 5,0 \times 10^{-3}$ cm/sec

Conditions limites

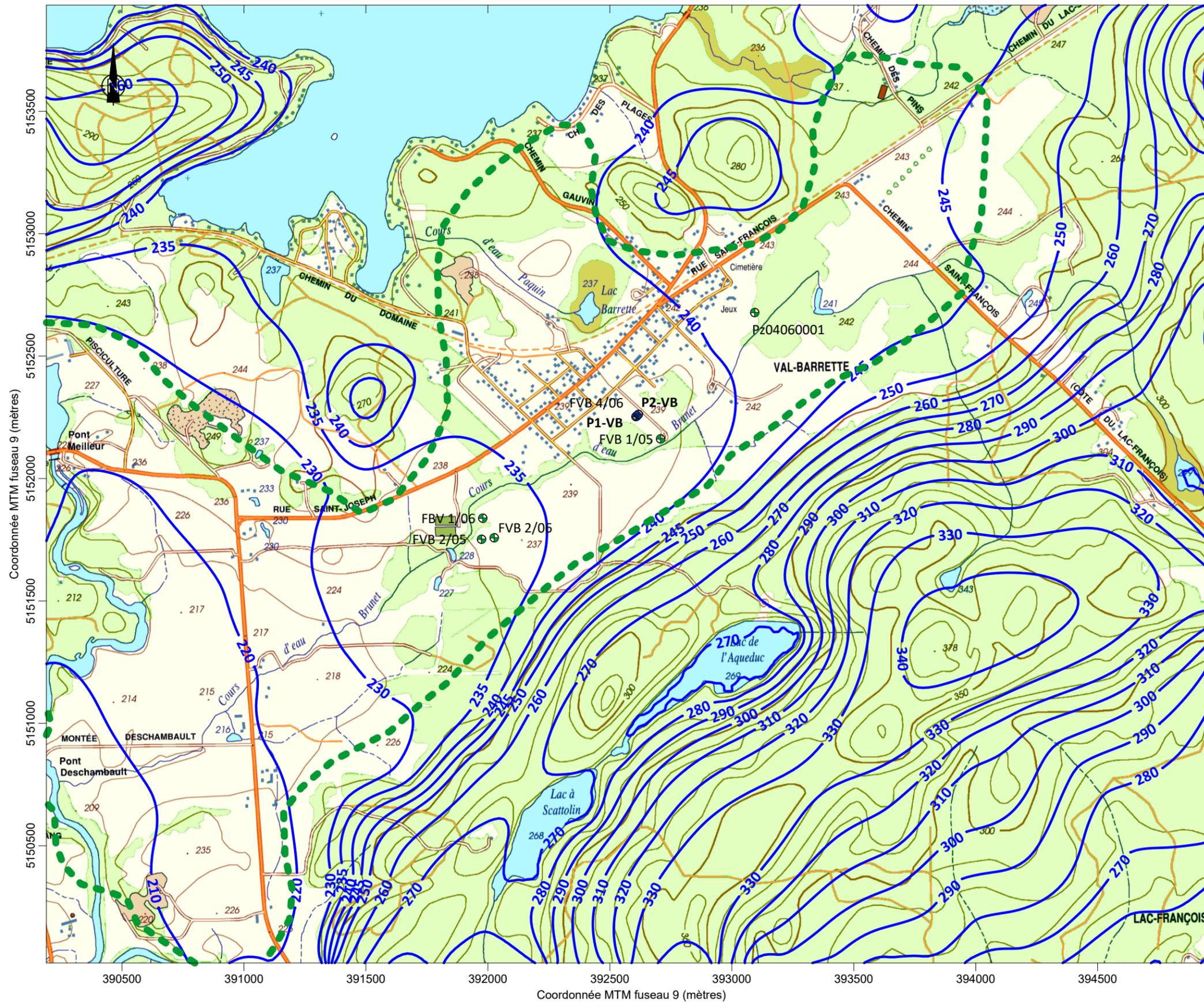
	Charges imposées mixtes (type "rivière")
	Charges imposées mixtes (type "drains")

Conditions limites de recharge

	350 mm/an
	310 mm/an
	270 mm/an



Titre	
FIGURE 7: DESCRIPTION DU MODÈLE NUMÉRIQUE D'ÉCOULEMENT	
Projet	
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE NO X0009229	
Interprétation et dessin	
Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue	
Date	Échelle
Juillet 2020	Aucune



Légende

- Prélèvement d'eau souterraine
- Puits d'observation
- Courbe isopièze (à tous les 10 m)
- Limites de l'aquifère granulaire



Carte topographique tirée de Ressources Naturelles Québec
feuillelet 31J11-101 et 31J06-201

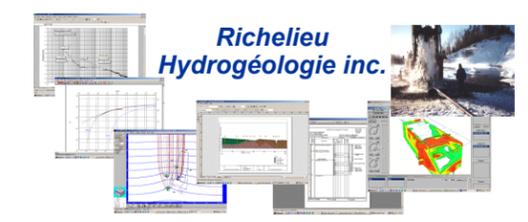


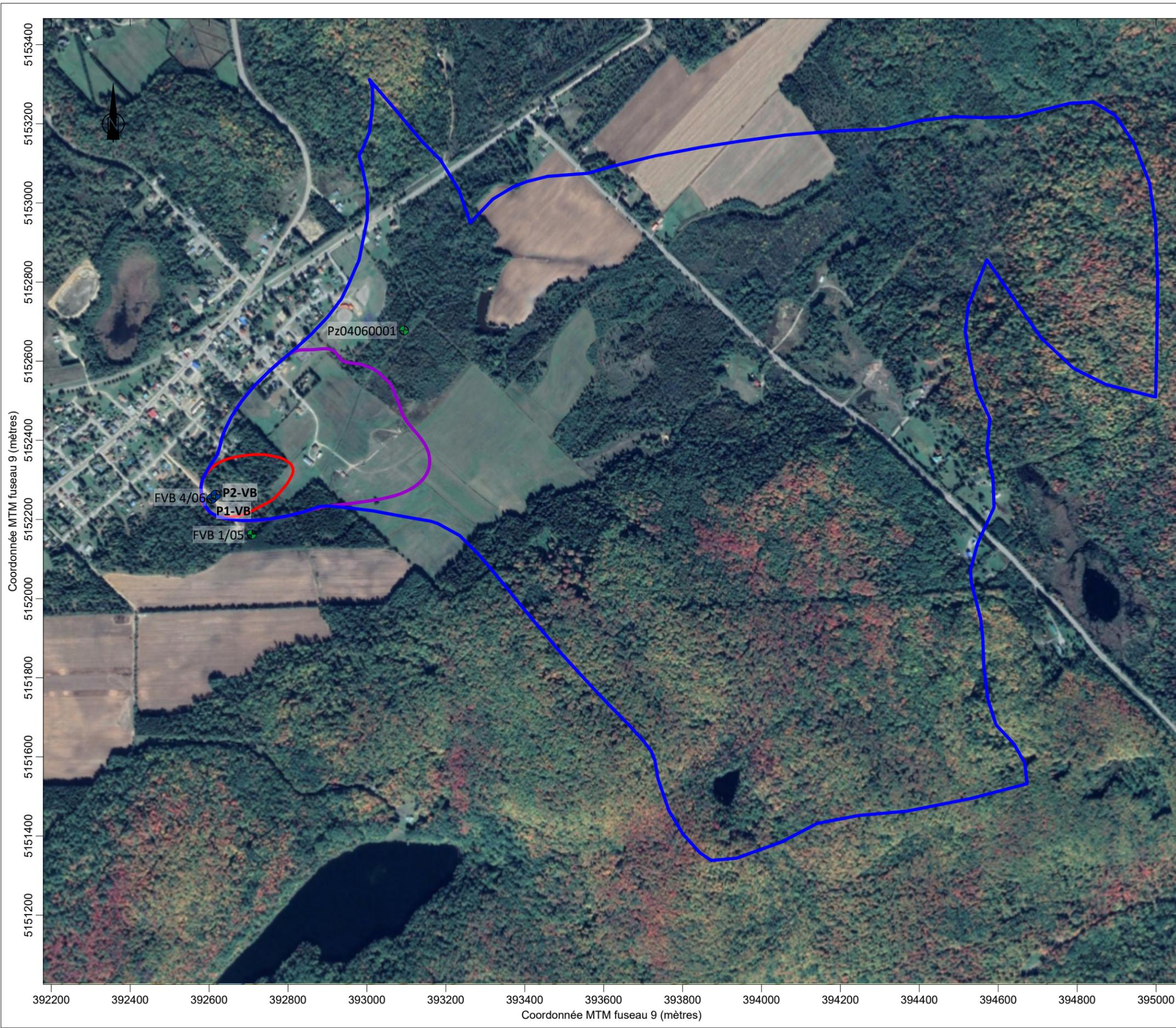
FIGURE 8: PIÉZOMÉTRIE MODÉLISÉE
AVEC UN PRÉLÈVEMENT DE 260 M³/JOUR

Projet
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE
POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N^{OS} X0009229-1 ET -2

Interprétation et dessin
Yves Leblanc, ing. géo.
M.Sc. Hydrogéologue

Date
Juillet 2020

Échelle
1 : 17 000



Légende

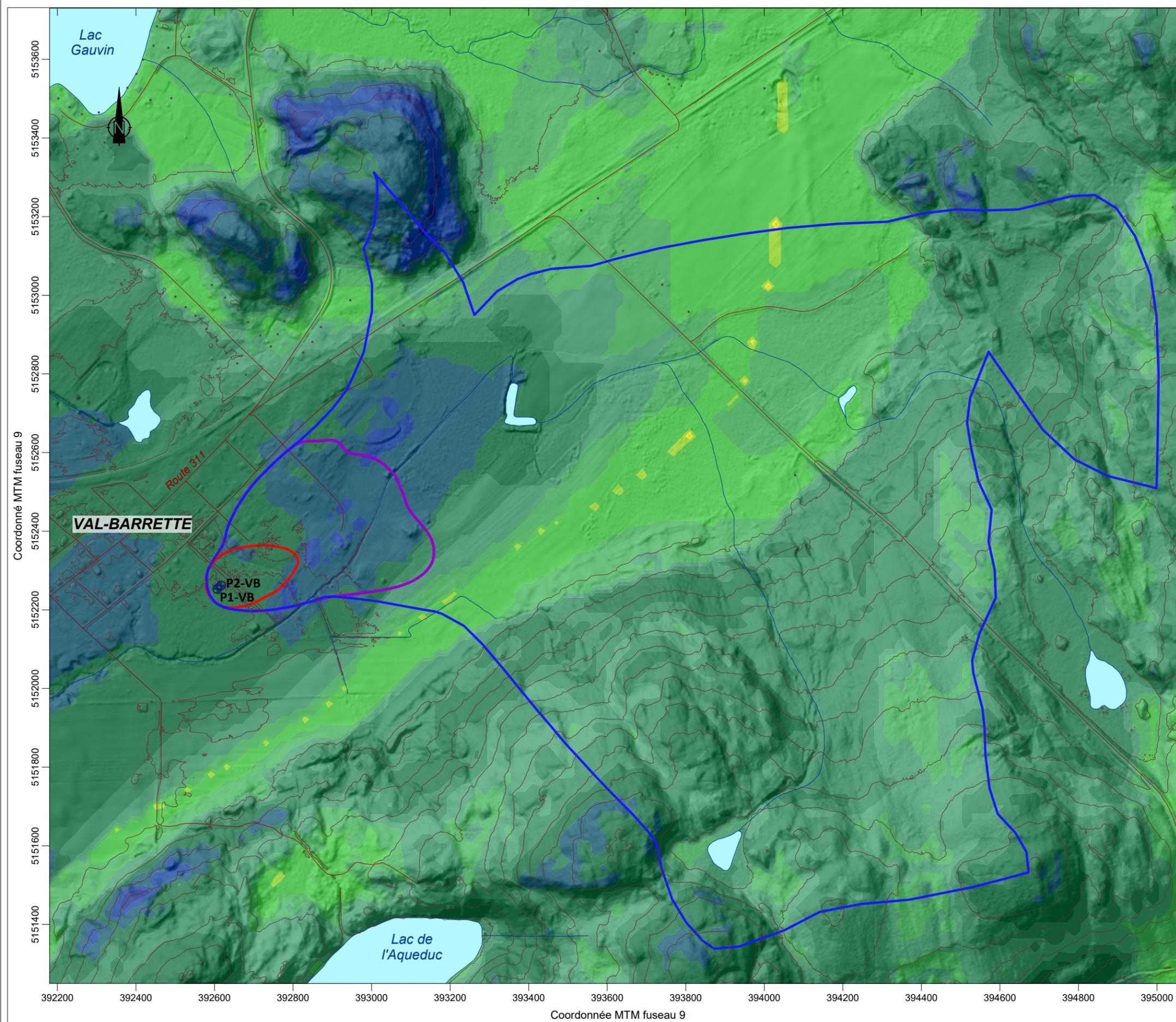
-  Prélèvement d'eau souterraine
-  Puits d'observation utilisé dans le cadre de l'étude
-  Aire de protection intermédiaire bactériologique
-  Aire de protection intermédiaire virologique
-  Aire de protection éloignée



Image en date du 29/9/2019 tirée de Google Earth



Titre	
FIGURE 9 : AIRES DE PROTECTION INTERMÉDIAIRE ET ÉLOIGNÉE	
Projet	
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE NOS X0009229-1 ET -2	
Interprétation et dessin	
Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue	
Date	Échelle
Juillet 2020	1 : 10 000



Légende

Indice de vulnérabilité DRASTIC



-  Prélèvement d'eau souterraine à l'étude
-  Aire de protection bactériologique
-  Aire de protection virologiques
-  Aire de protection éloignée



Réseaux routiers et hydrographiques : CANVEC
 Modèle numérique d'altitude : LiDAR, MERN Québec
 Indice DRASTIC : Richelieu Hydrogéologie



Titre	
FIGURE 10 : INDICE DE VULNÉRABILITÉ DRASTIC	
Projet	
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N ^{OS} X0009229-1 ET -2	
Interprétation et dessin	
Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env. Analyste en géomatique	Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue
Date	Échelle
Juillet 2020	1 : 10 000

ANNEXE 2 : INVENTAIRE DES Puits ET FORAGES RÉPERTORIÉS DANS LE SIH

Recherche dans le SIH dans un rayon de 1,5 km autour du point 46° 30' 15,3" Nord et 75° 21' 21" Ouest

INFORMATIONS SUR LE PUIT											INFORMATIONS STRATIGRAPHIQUES							
#	Coor X (m)	Coor Y (m)	Propriétaire	Adresse	Profondeur (m)	Longueur tubage (m)	Niveau eau fin (m)	Date pompage	Durée pompage (hres)	Débit (l/min)	Épaisseur et Description							
1	391164	5151120	CLEMENT PILON	995 ch KIAMIKA	24.4	14.3	-7.62	1997-08-19	1	60.5	13.7	DEPO	10.7	ROCH				
2	391241	5151400	Ferme Camy SNC	79 rang 7	122	52.4	-3.05	2006-11-17	0.8	3.8	21.3	ARGL	27.4	SILT	3	GRAV	70.1	ROCH
3	391229	5153650	Marie Malo	68 ch du Domaine Beaux-Rivages	122	6.1	Inconnu	2006-06-29	1	0.8	0.6	SABL/GRA	121.3	GRGN				
4	391331	5152870	MICHEL CLERMONT	55 CH. DU DOMAINE	85.4	3.7	Inconnu	2001-11-08	1	45.5	0.3	TERR	0.6	SABL	84.5	ROCH		
5	391430	5152920	Inconnu	Inconnu	85.4	9.1	Inconnu	1999-08-24	1	30.3	0.6	TERR	4	SABL	1.5	ARGL	79.3	ROCH
6	391431	5152870	ELEOPORE ROUSSEAU	Inconnu	29.6	3.4	Inconnu	1979-10-19	Inconnu	6.8	2.4	SABL	27.1	ROCH				
7	391448	5152830	Gaston Brassard	484 ch. Beauvillage	73.2	11.9	-3.05	2008-07-16	1	9.1	9.5	SABL_AVEC_GRA V	63.7	ROCH				
8	391626	5153130	ANN M BOUDREULT	Inconnu	37.2	2.4	Inconnu	1985-08-01	Inconnu	90.9	0.9	TERR	36.3	ROCH				
9	391635	5152630	JACQUES RAYMOND	Inconnu	48.8	4	Inconnu	1980-09-20	Inconnu	30	1.8	SABL	1.8	TERR	45.1	ROCH		
10	391652	5152780	Gilbert Meilleur	292 ch Beaux-Rivages	110.7	7.3	-6.1	2007-05-24	0.5	11.4	5.5	SABL	105.2	ROCH				
11	391680	5152930	Inconnu	Inconnu	97.6	4.6	Inconnu	1999-08-23	1	75.7	0.3	TERR	1.5	SABL/BLO	95.7	ROCH		
12	391732	5152830	MARCEL BELANGER	271 ch GAUVIN	73.2	4	Inconnu	1998-07-27	1	4.9	0.6	TERR	0.9	SABL	71.6	ROCH		
13	391780	5152930	Inconnu	Inconnu	42.1	6.1	Inconnu	2000-06-29	1	45.4	3	SABL/BLO	39	ROCH				
14	391990	5153390	LAURETTE TANGUAY	Inconnu	22.9	10.1	Inconnu	1977-09-01	Inconnu	11.4	10.1	GRAV	12.8	ROCH				
15	392120	5153440	MICHEL CONSTANTIN	233 CH GAUVIN	54.9	4.6	Inconnu	1994-10-31	1	3	0.6	TERR	0.6	SABL	53.7	ROCH		
16	392399	5153410	Monique Chase Pascale Villami Daniell	377 ch des Plages	42.7	12.8	Inconnu	2016-06-29	0.7	151.5	6.1	SABL	4.6	SABL/ARG	0.6	GRAV	31.4	ROCH
17	392510	5153590	isabelle coiteux	570 route 311 sud	85.4	6.7	Inconnu	2017-11-22	1	68.2	0.9	GRAV/SAB	84.5	ROCH				
18	392889	5152450	RAYMOND SIGOUIN	Inconnu	98.1	3	Inconnu	1980-09-06	Inconnu	2.7	0.3	TERR	1.8	SABL	96	ROCH		
19	393130	5152950	ARMAND LAJEUNESSE	Inconnu	121.9	3	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	1.2	TERR	120.7	ROCH				
20	393617	5153660	RODOLPHE L'ECUYER	Lac-des-Ecorces	52.4	7.3	Inconnu	1986-06-25	1	4.6	0.6	TERR	3	ARGL	3.4	SABL/BLO	45.4	ROCH

ANNEXE 3 : SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT DES PUIITS ET DU PIÉZOMÈTRE

PUITS P1-VB

Coordonnées, MTM, NAD83, fuseau 9

392 607 m Est

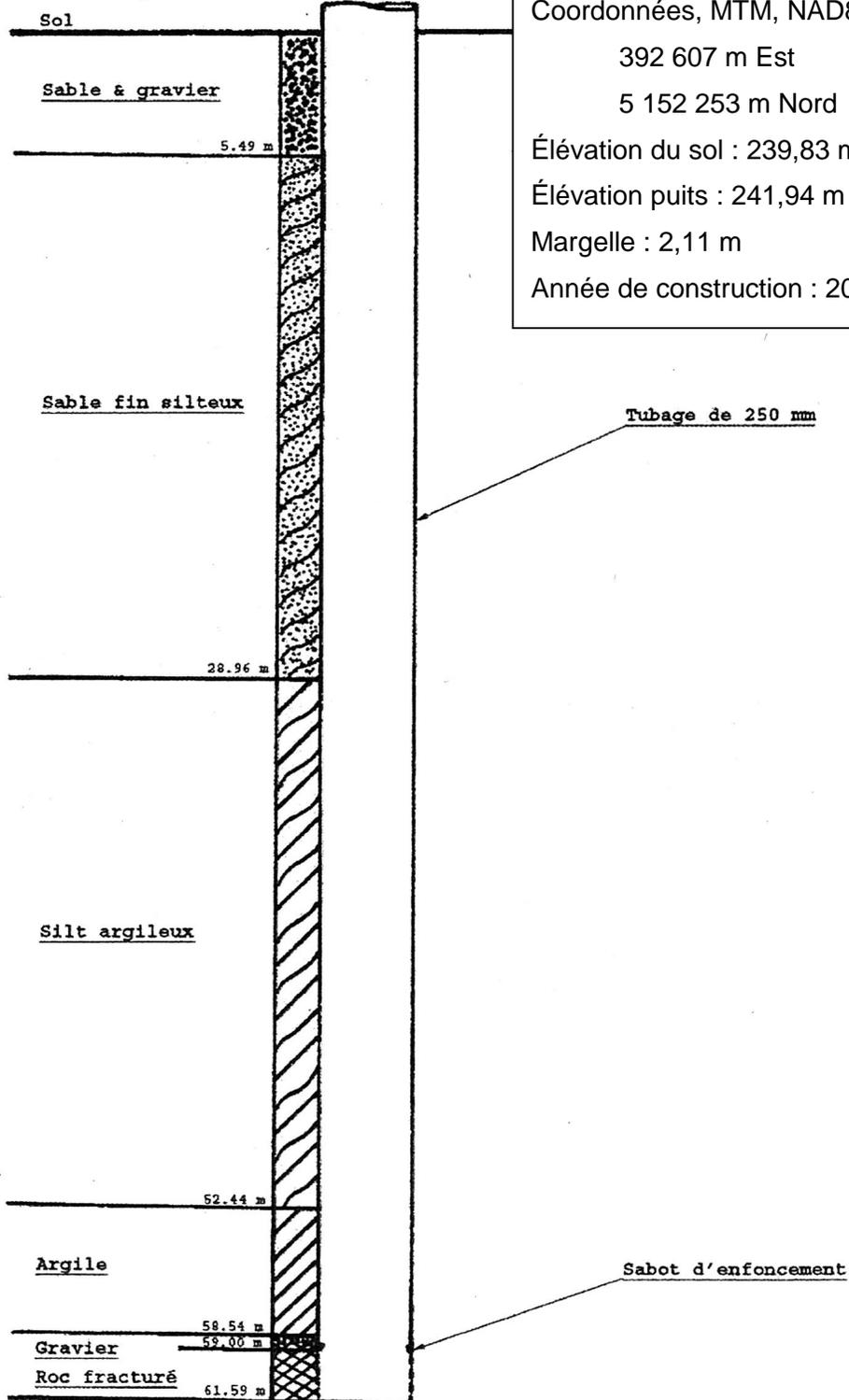
5 152 253 m Nord

Élévation du sol : 239,83 m (lidar)

Élévation puits : 241,94 m

Margelle : 2,11 m

Année de construction : 2006



PUITS P2-VB

Coordonnées, MTM, NAD83, fuseau 9

392 617 m Est

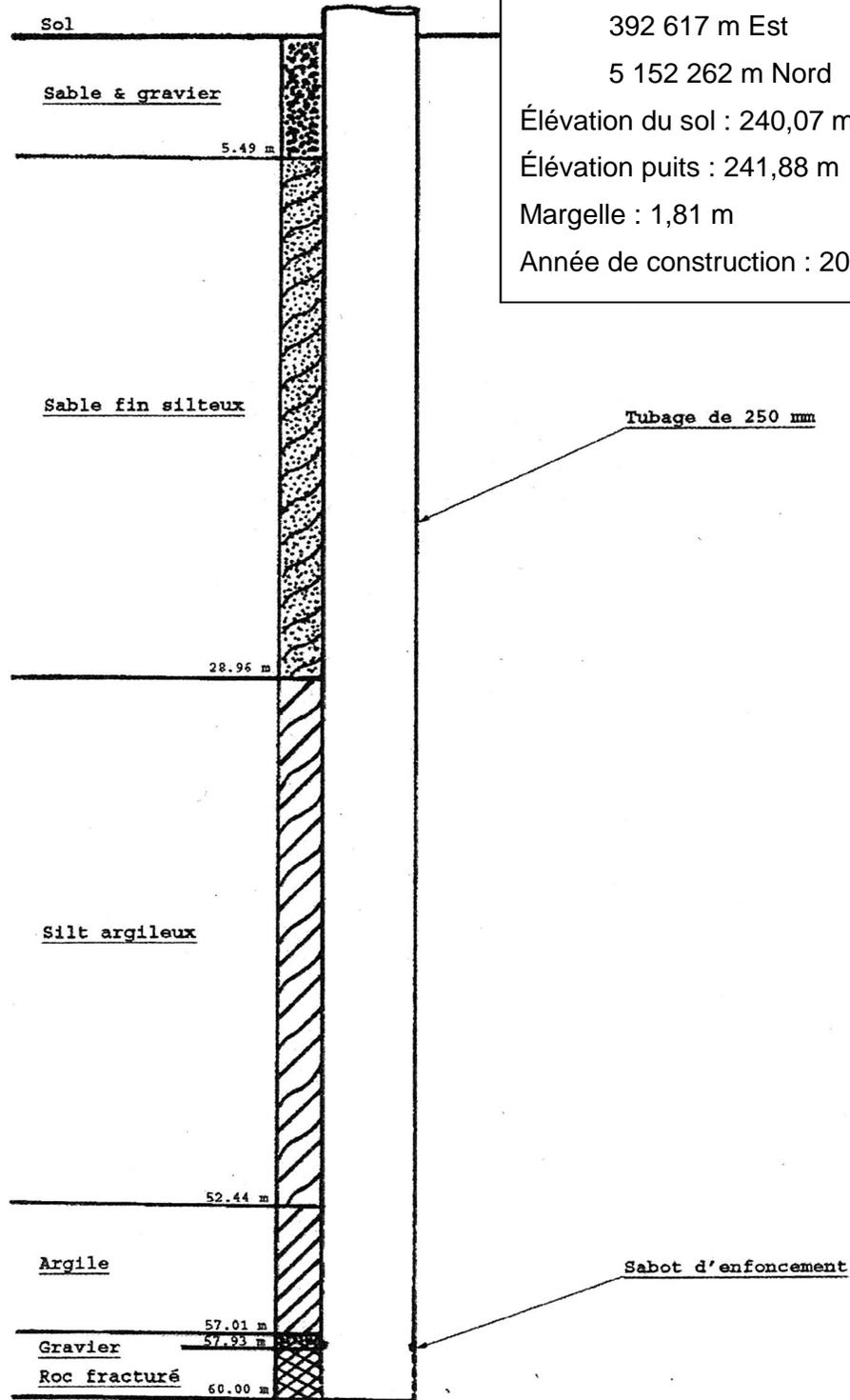
5 152 262 m Nord

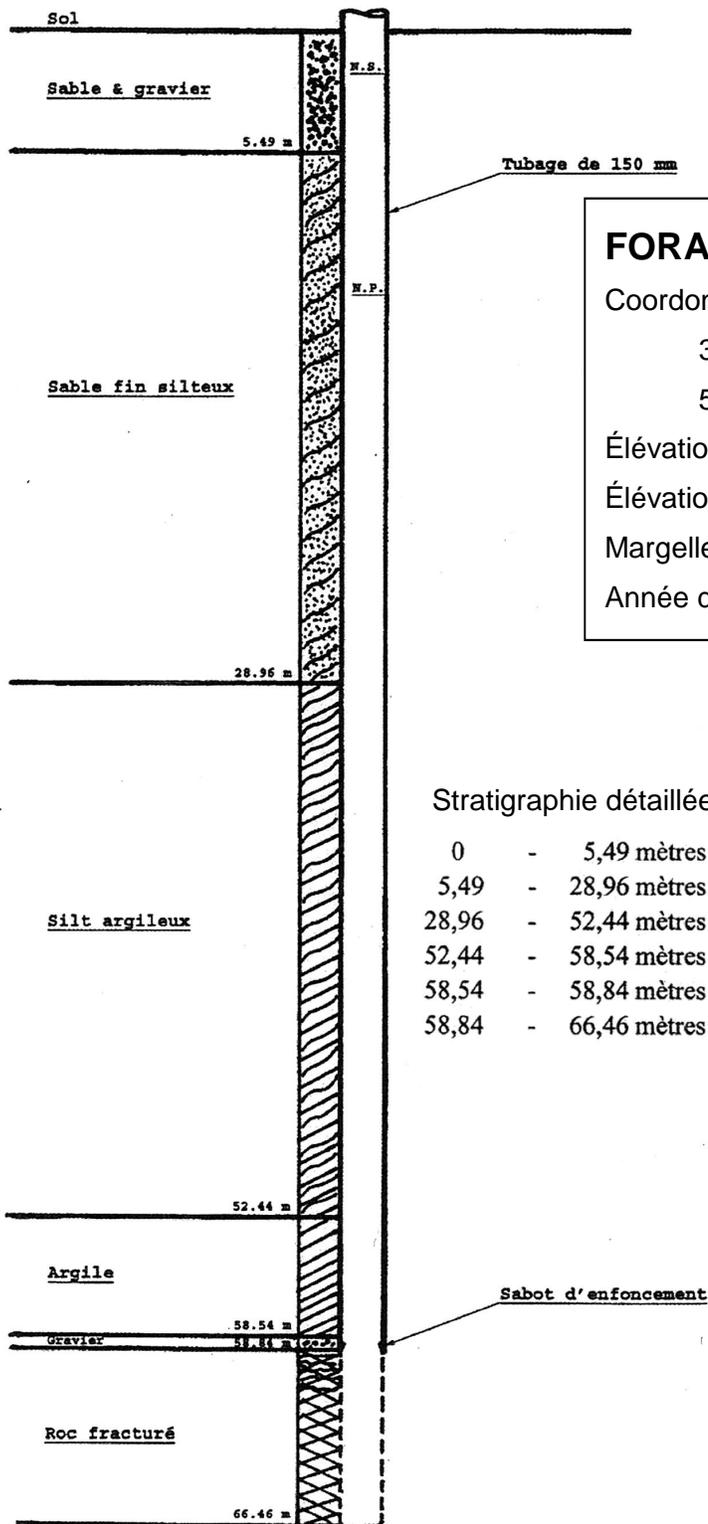
Élévation du sol : 240,07 m (lidar)

Élévation puits : 241,88 m

Margelle : 1,81 m

Année de construction : 2006





FORAGE FVB 4/06

Coordonnées, MTM, NAD83, fuseau 9

392 611 m Est

5 152 256 m Nord

Élévation du sol : 239,93 m (lidar)

Élévation puits : 242,05 m

Margelle : 2,12 m

Année de construction : 2006

Stratigraphie détaillée du forage

0	-	5,49 mètres	Sable et gravier
5,49	-	28,96 mètres	Sable fin silteux
28,96	-	52,44 mètres	Silt argileux
52,44	-	58,54 mètres	Argile
58,54	-	58,84 mètres	Gravier grossier
58,84	-	66,46 mètres	Roc (granite fracturé)
			Venue d'eau très importante

ANNEXE 4 : DONNÉES DE QUALITÉ DE L'EAU

Suivi des paramètres physico-chimiques à l'eau traitée à Val-Barrette depuis 2015

Paramètres	Valeur maximale (RQEP ou rec.)	#334411	#377956	#377989	#414187	#516363
Date de l'échantillonnage		13-juil-15	25-juil-16	17-juil-17	03-juil-18	03-juil-19
Antimoine	0,006	<0,003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Arsenic (mg/L)	0,01	<0,001	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Baryum (mg/L)	1	0,023	0,0215	0,0176	0,0255	0,0208
Bore (mg/L)	5	<0,05	<0,006	0,008	<0,01	<0,01
Cadmium (mg/L)	0,005	<0,001	<0,00005	<0,00005	0,00013	<0,00005
Chrome total (mg/L)	0,05	<0,005	<0,0005	<0,0005	<0,0006	<0,0006
Cyanures (mg/L)	0,2	<0,02	<0,005	<0,001	0,004	0,001
Fluorures (mg/L)	1,5	0,23	0,27	0,25	0,27	0,25
Mercure (mg/L)	0,001	<0,0001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
Sélénium (mg/L)	0,01	<0,001	<0,0006	<0,0006	<0,001	<0,001
Uranium (mg/L)	0,02	<0,002	<0,0005	<0,0005	<0,001	<0,001

Suivi de la turbidité et des nitrites/nitrates à l'eau traitée à Lac-des-Écorces depuis 2015

échantillon	Date	Turbidité (UNT)	Nitrites-Nitrates (mg/L)
#485831	06-nov-18	0,14	<0,04
#494333	04-févr-19	<0,12	<0,04
#504917	07-mai-19	<0,12	<0,04
#523792	06-août-19	-	<0,04

Suivi des THM à l'eau traitée de Val-Barrette

Date	Certificat	Trihalométhanes totaux µg/l	Bromodichlorométhane µg/l	Bromoforme µg/l	Chloroforme µg/l	Dibromochlorométhane µg/l	Localisation
24-févr-15	294386	62	2	<1	61	<1	Patinoire
26-mai-15	301285	66	2	<1	64	<1	Patinoire
24-août-15	312544	63	2	<1	61	<1	Patinoire
24-nov-15	321378	78,2	2,2	<0,3	76	<0,3	475, du Domaine
08-mars-16	328854	63,9	2,1	<0,3	61,8	<0,3	Patinoire
24-mai-16	367812	69,2	1,8	<0,3	67,4	<0,3	Patinoire
19-sept-16	350600	77,3	2,2	<0,3	75,1	<0,3	Patinoire
29-nov-16	357 024	96,0	2,2	<0,3	94,1	<0,3	Patinoire
24-janv-17	360965	92,3	2,5	<0,3	89,8	<0,3	Patinoire
20-févr-17	362911	67,7	2,6	<0,3	65,1	<0,3	323 ch Gauvin
20-févr-17	362912	67,5	2,5	<0,3	65	<0,3	Patinoire
15-mai-17	369772	49,4	1,9	<0,3	47,5	<0,3	Patinoire
29-août-17	383737	38,5	0,5	<0,3	38	<0,3	Patinoire
28-nov-17	392929	47,0	0,7	<0,3	46,3	<0,3	Patinoire
09-janv-18	395 825	56	2	<1	53	<1	Patinoire
26-juin-18	413230	65	1	<1	63	<1	Patinoire
20-août-18	421683	58,6	0,7	<0,3	57,9	<0,3	Patinoire
19-nov-18	432693	49	<1	<1	49	<1	Patinoire
21-janv-19	437752	64	2	<1	62	<1	Patinoire
07-mai-19	447739	52	2	<1	50	<1	Patinoire
03-juil-19	456932	64	2	<1	62	<1	Resto terrain baseball
05-nov-19	476102	60	1	<1	58	<1	Patinoire
27-janv-20	SAM484158	115,2	4,8	<0,3	110,2	<0,3	Patinoire

Suivi des paramètres généraux à Val-Barrette

Paramètres Date de l'échantillonnage	Valeur maximale (RQEP ou rec.)	F.E. 4/06	F.E. 4/06	F.E. 4/06	P1-VB	P2-VB	P1-VB	P2-VB	Reseau	P1-VB	P2-VB	P1-VB	P2-VB	P1-VB	P2-VB	P1-VB	P2-VB	P1-VB	P2-VB	P1-VB	P2-VB	P1-VB	P2-VB
		#985053 09-mai-06	#985054 10-mai-06	#985052 11-mai-06	#85669 08-nov-06	#85491 07-nov-06	#404290 21-mars-17	#404291 21-mars-17	#404293	#3348970 18-avr-17	#3348971 18-avr-17	#406820 18-avr-17	#406821 18-avr-17	#407075 20-avr-17	#407076 20-avr-17	#407521 25-avr-17	#407522 25-avr-17	#407750 27-avr-17	#407751 27-avr-17	#433886 10-oct-17	#435644 24-oct-17	#3369464 16-nov-17	#3369462 17-nov-17
Escherichia coli (100 ml)	0	0	0	0																			
Virus Coliphages F-spécifiques	0			absence	absence	absence																	
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	10	0	0	0	0	0																	
Bactéries atypiques (UFC/Mem)	200	0	0	0	0	0																	
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	0	0	0	0	0	0																	
Antimoine	0,006			<0,001	<0,001	<0,001																	
Arsenic (mg/L)	0,01	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001																	
Baryum (mg/L)	1	0,041		0,043	0,03	0,04																	
Bore (mg/L)	5	0,016		0,017	<0,02	0,02																	
Cadmium (mg/L)	0,005	<0,0004		<0,0004	<0,001	<0,001																	
Chrome total (mg/L)	0,05	<0,002		<0,002	<0,001	<0,001																	
Cuivre (mg/L)	1	0,002		<0,001	<0,01	<0,01																	
Cyanures (mg/L)	0,2	<0,006		<0,006	<0,02	<0,02																	
Fluorures (mg/L)	1,5	0,33		0,32	0,41	0,32																	
Mercurure (mg/L)	0,001	<0,0002		<0,0002	<0,0002	<0,0002																	
Plomb (mg/L)	0,01	<0,002		<0,002	<0,01	<0,01																	
Sélénium (mg/L)	0,01	<0,002		<0,002	<0,001	<0,001																	
Uranium (mg/L)	0,02	<0,003		<0,003	<0,005	<0,005																	
Nitrates & Nitrites (mg/L N)	10	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02																	
Nitrites (mg/L N)	1	0,02	<0,01	0,01	<0,02	<0,02																	
Turbidité (UTN)	5	2,5	0,8	0,7	0,67	0,88					0,14	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12				
Bicarbonates (mg/L CaCO ₃)	-	124		112	118	116																	
Chlorures (mg/L)	250	3,5		2,8	3	5																	
Conductivité (µS/cm)	<1500	260		270	238	224																	
Sodium (mg/L)	200	2,3		2,7	2	2																	
Sulfates (mg/L)	500	<0,5		0,9	11	11																	
Zinc (mg/L)	5	0,006		0,003	0,01	<0,01																	
Alcalinité (mg/L CaCO ₃)	-	120	117	110	118	116																	
Azote ammoniacal (mg/L N)	-	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,06				0,14	0,13	0,08	0,08	0,11	0,11	0,11	0,13						
Azote total Kjeldahl (mg/L N)	-	<0,9		<0,9	<0,5	<0,5																	
Calcium (mg/L)	-	44	45	45	44	44																	
Dureté totale (mg/L Ca CO ₃)	120	120	130	130	132	132																	
Fer dissous (mg/L)	-	0,3	0,23	0,25	0,249	0,239																	
Fer total (mg/L)	0,3	0,3	0,29	0,3	0,262	0,247				0,58	0,57	0,54	0,54	0,54	0,54	0,46	0,5						
Magnésium (mg/L)	-	6,3	6,4	6,4	5,5	5,7																	
Manganèse dissous (mg/L)	-	0,087	0,085	0,088	0,104	0,101																	
Manganèse total (mg/L)	0,12 (0,02)	0,089	0,092	0,096	0,107	0,104				0,12	0,1542	0,1525	0,1599	0,1355	0,1392	0,1432	0,1509						
Solides dissous (mg/L)	-	141		152	156	174																	
Solides totaux (mg/L)	<500	180	177	159	160	180																	
Sulfures (mg/L)	0,05	<0,01		<0,01	0,022	0,02																	
Bromures (mg/L)	-	<0,02		0,02	0,1	<0,1																	
Absorbance UV 254 nm (cm ⁻¹)	-	0,111	0,094	0,095	0,044	0,044					0,113	0,12	0,123	0,124	0,121	0,119	0,12	0,129					
Carbone organique total (mg/L)	-	3	2,97	2,98	3,3	3,3				11	21	9,5	2,9	2,9	5,8	3,9	6,4	6,7	6,7	4,5	5,3	6,1	7,0
Carbone organique dissous (mg/L)	-	2,63	2,94	2,81	3,3	3,3																	
Couleur vraie par le laboratoire (UCV)	<15	8	8	12	15	14																	
Demande en chlore (mg/L)	-										18	16	25	20	24	20	19	19					
pH par le laboratoire	6,5 - 8,5	8,2		7,9	7,7	7,5					2,88 - 3,0	3,07 - 3,1	2,9	2,84 - 2,9	3,06 - 4,0	2,98 - 2,9	2,87 - 2,9	3,04 - 3,1					
SDS-THM (µg/l)	80			<1							96,1	55,3	100,7	103,1	80,4	106,2	1,8	53,9					
Algues				Présence particulaire	Présence bactérienne et particulaire	Présence bactérienne																	
AHA totaux (µg/l)	60											53,4	84,7	81,3	81,3	79,9	70,6	79,5	77,9				

Suivi des paramètres microbiologiques à l'eau brute à Val-Barrette depuis 2015

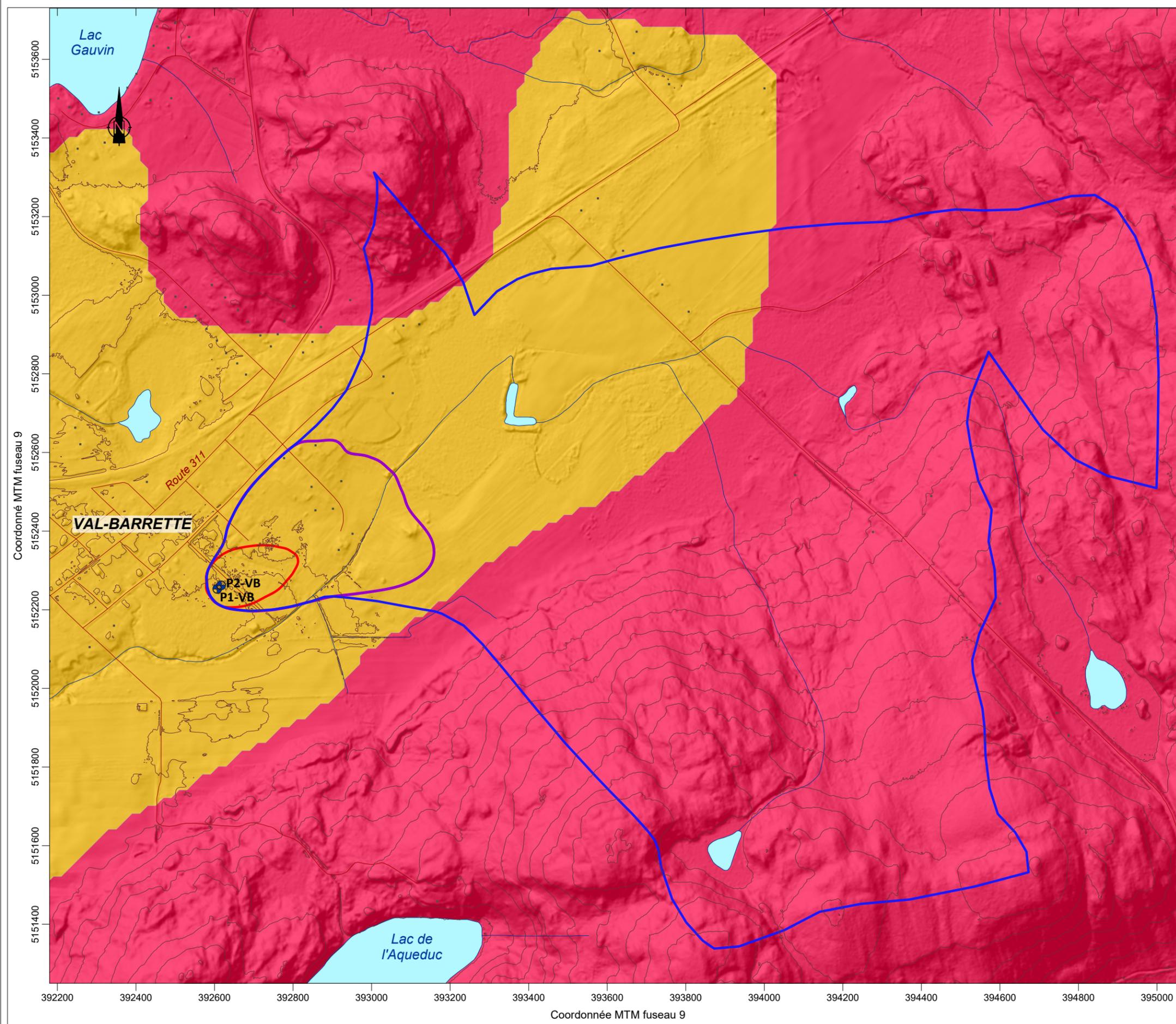
Localisation	P2-VB	P1-VB	P2-VB	P1-VB	P2-VB	P2-VB	P1-VB	Puits	P1-VB	P2-VB	P1-VB
# échantillon	#318311	#327781	#345958	#356766	#361140	#364398	#367803	#377953	#388103	#394805	#399488
Date de l'échantillonnage	26-janv-15	26-mai-15	28-sept-15	26-janv-16	21-mars-16	26-avr-16	24-mai-16	25-juil-16	26-sept-16	29-nov-16	24-janv-17
Température à la réception	conforme	conforme	Élevée	conforme	conforme	conforme	conforme	conforme	conforme	Élevée	conforme
Escherichia coli (100 ml)	0	0	0	0							
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	0	0			0	0	0	0	0	0	0
Bactéries atypiques (UFC/Mem)	0	0			0	0	0	0	0	0	0
BHAA	34	38			165	1440	12	88	44	29	19

Localisation	P2-VB	P1-VB	Puits	P2-VB	P1-VB	P2-VB	P1-VB	Puits	P2-VB	P1-VB	Puits
# échantillon	#404285	#420074	#421562	#431054	#444024	#449749	#467036	#468420	#479025	#493016	#498823
Date de l'échantillonnage	21-mars-17	17-juil-17	25-juil-17	18-sept-17	22-janv-18	20-mars-18	16-juil-18	23-juil-18	19-sept-19	21-janv-19	18-mars-19
Température à la réception	conforme	>12°C	conforme	conforme	conforme	conforme	>12°C	>12°C	conforme	conforme	conforme
Escherichia coli (100 ml)											
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bactéries atypiques (UFC/Mem)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BHAA	16	1030	55	13	49	46	245	0	16	35	14

Suivi des paramètres organiques à Val-Barrette

Paramètres organiques	Valeur maximale	F.E. 4/06 11-mai-06	P2-VB 07-nov-06	P1-VB 12-mai-20
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques				
Benzo (a) pyrène (ug/L)	0,01	0,02	<0,003	<0,003
BTEX				
Benzène (µg/L)	0,5	<0,2	<0,1	<0,3
Pesticides de l'annexe 2 du RQEP				
Acide dichloro-2,4 phénoxyacétique (2,4-D) (µg/l)	70	<0,3	<0,2	<0,03
Atrazine et ses métabolites (µg/l)	3,5	<0,3	<1,0	<0,3
Carbaryl (µg/l)	70	<0,2	<0,3	<0,2
Carbofuran (µg/l)	70	<0,2	<0,1	<0,2
Chlorpyrifos (µg/l)	70	<0,2	<0,1	<0,2
Diazinon (µg/l)	14	<0,2	<0,1	<0,2
Dicamba (µg/l)	85	<0,6	<2,0	<0,6
Diquat (µg/l)	50	-	<2,0	<10
Diuron (µg/l)	110	<0,3	<1,0	<0,3
Glyphosate (µg/L)	210	-	<0,7	<10
Métolachlore (µg/l)	35	<0,2	<0,02	<0,2
Métribuzine (µg/l)	60	<0,2	<0,4	<0,2
Paraquat (en dichlorures) (µg/l)	7	-	<1,0	<0,60
Piclorame (µg/l)	140	<0,6	<0,3	<0,06
Simazine (µg/l)	9	<0,2	<0,1	<0,2
Trifluraline (µg/l)	35	<0,2	<0,1	<0,2
Composés organiques de l'annexe 2 du RQEP				
Chlorure de vinyle (µg/L)	2	<0,2	<0,5	<0,3
1,1-Dichloroéthylène (µg/L)	10	<1	<0,1	<1,0
1,2-dichlorobenzène (µg/L)	150	<0,2	<0,1	<0,3
1,4-dichlorobenzène (µg/L)	5	<0,2	<0,1	<0,3
1,2-dichloroéthane (µg/L)	5	<0,1	<0,1	<0,3
Dichlorométhane (µg/L)	50	<0,9	<1	<0,9
2,4-dichlorophénol (ug/L)	700	-	<0,05	<0,3
Monochlorobenzène (µg/L) - chlorobenzène	60	-	-	<0,3
Pentachlorophénol (ug/L)	42	-	0,05	<0,40
Tétrachloroéthylène (µg/L) (µg/L)	25	<0,2	<0,1	-
2,3,4,6-tétrachlorophénol (ug/L)	70	-	<0,5	<0,40
Tetrachlorure de carbone (µg/L)	5	<0,2	<0,1	<0,3
2,4,6-trichlorophénol (ug/L)	5	-	<0,05	<0,40
Trichloroéthylène (µg/L)	5	<0,1	<0,1	<0,3

ANNEXE 5 : CARTES DE L'INDICE DE VULNÉRABILITÉ DRASTIC



Légende

Type d'aquifère

- Cote 3: Roche ignée
- Cote 8: Sable et gravier

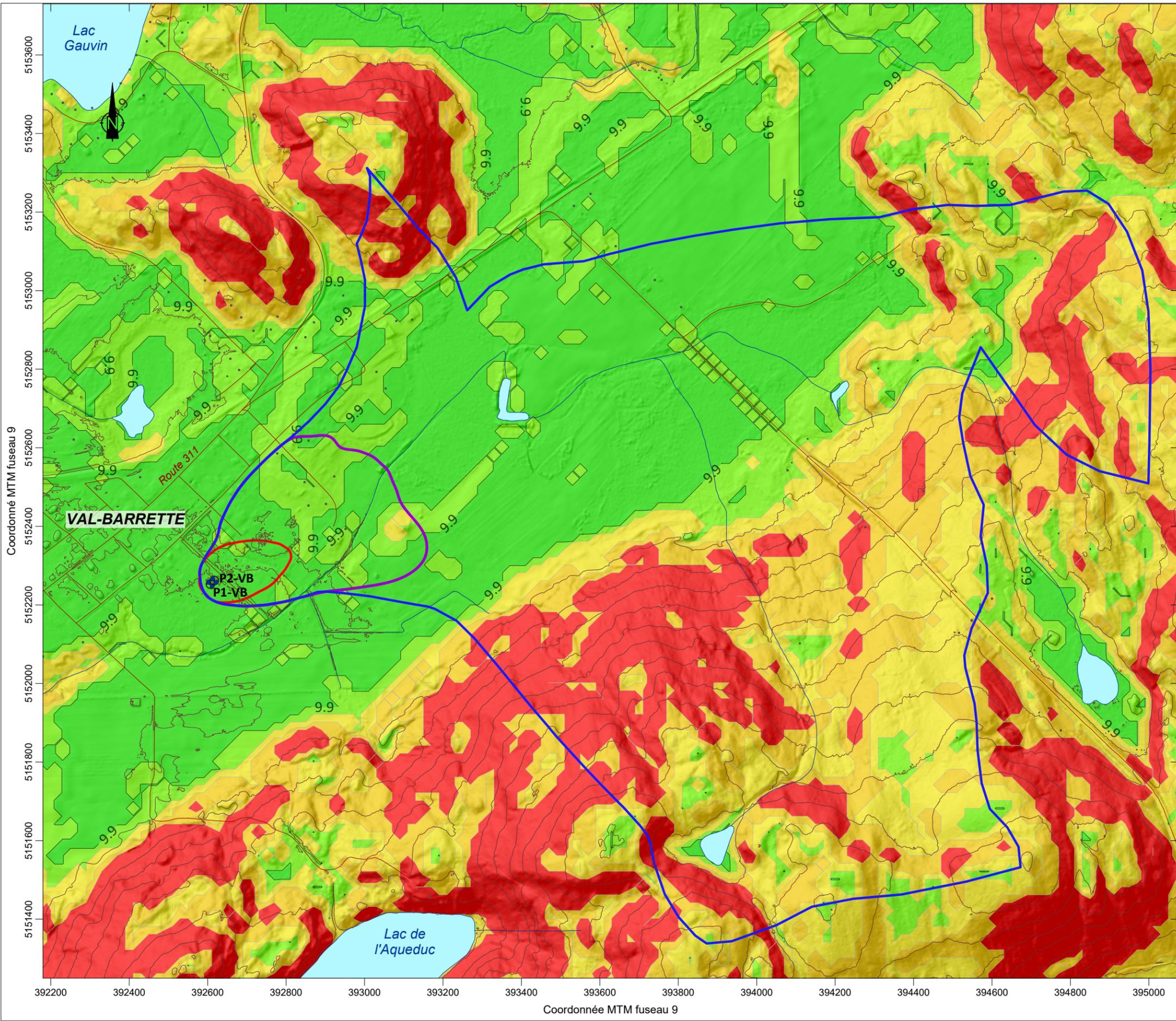
- Prélèvement d'eau souterraine à l'étude
- Aire de protection bactériologique
- Aire de protection virologiques
- Aire de protection éloignée



Réseaux routiers et hydrographiques: CANVEC
 Modèle numérique d'altitude: LiDAR, MERN Québec
 Indice DRASTIC: Richelieu Hydrogéologie



<p>Titre</p> <p>ANNEXE 5 : DRASTIC ; PARAMÈTRE A TYPE D'AQUIFÈRE</p>	
<p>Projet</p> <p>MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N^{OS} X0009229-1 ET -2</p>	
<p>Interprétation et dessin</p> <p>Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env. Analyste en géomatique</p> <p>Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue</p>	
<p>Date</p> <p>Juillet 2020</p>	<p>Échelle</p> <p>1 : 10 000</p>



Légende

Pente du terrain

- Cote 1: >18 %
- Cote 3: 12-18 %
- Cote 5: 6-12 %
- Cote 9: 2-6 %
- Cote 10: 0-2 %

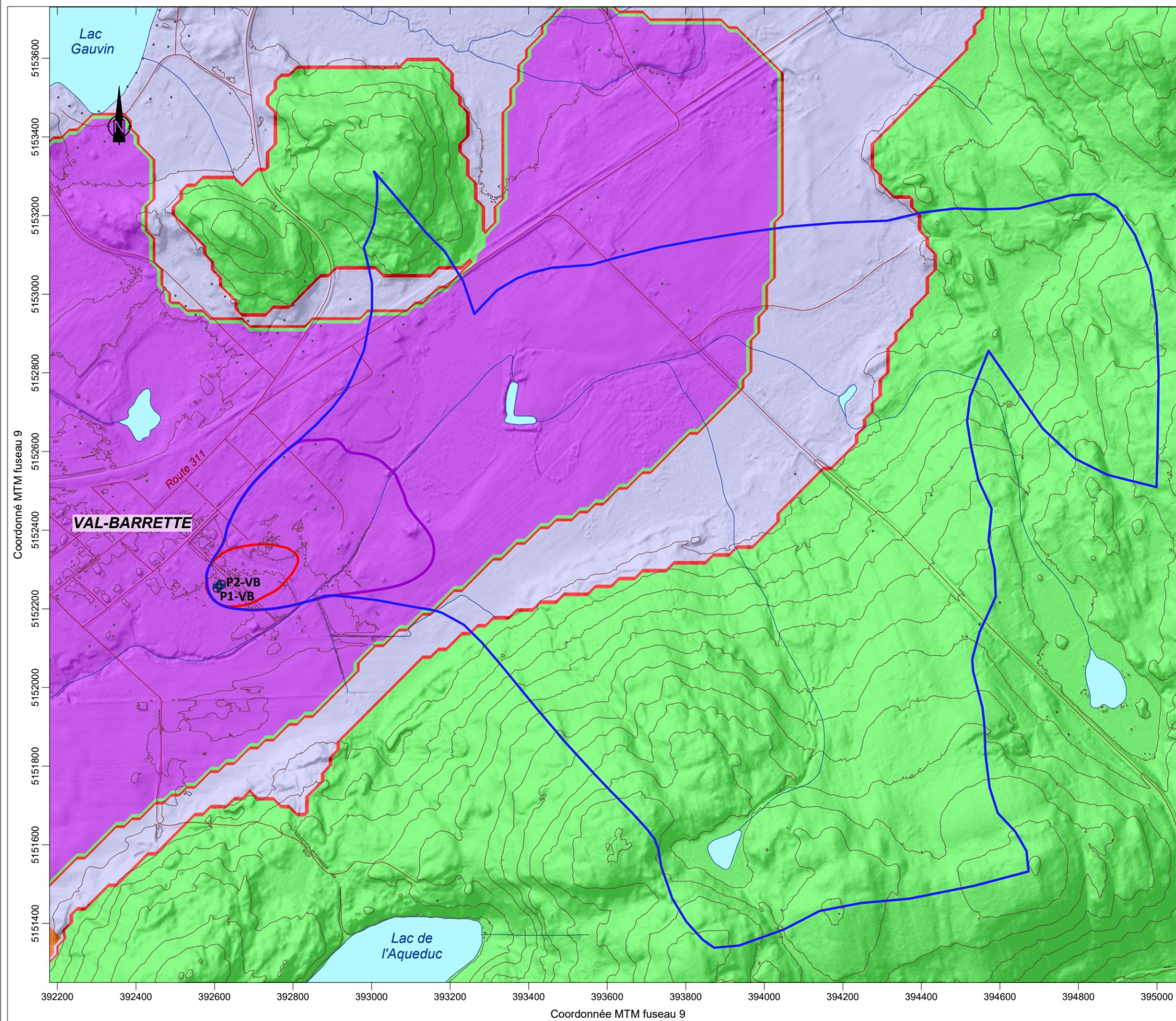
- Prélèvement d'eau souterraine à l'étude
- Aire de protection bactériologique
- Aire de protection virologiques
- Aire de protection éloignée



Réseaux routiers et hydrographiques: CANVEC
 Modèle numérique d'altitude: LiDAR, MERN Québec
 Indice DRASTIC: Richelieu Hydrogéologie



Titre	
ANNEXE 5 : DRASTIC ; PARAMÈTRE T PENTE	
Projet	
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N ^{OS} X0009229-1 ET -2	
Interprétation et dessin	
Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env. Analyste en géomatique	Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue
Date	Échelle
Juillet 2020	1 : 10 000



Légende

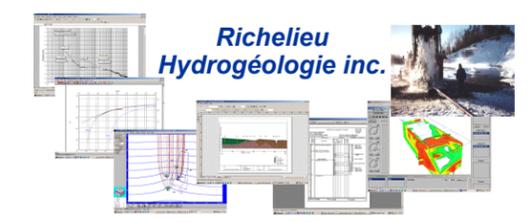
Impact de la zone non saturée

- Cote 1 : Couche confinante
- Cote 2 : Till
- Cote 4 : Roche ignée
- Cote 6 : Sédiments glaciolacustres littoraux
- Cote 8 : Sable et gravier

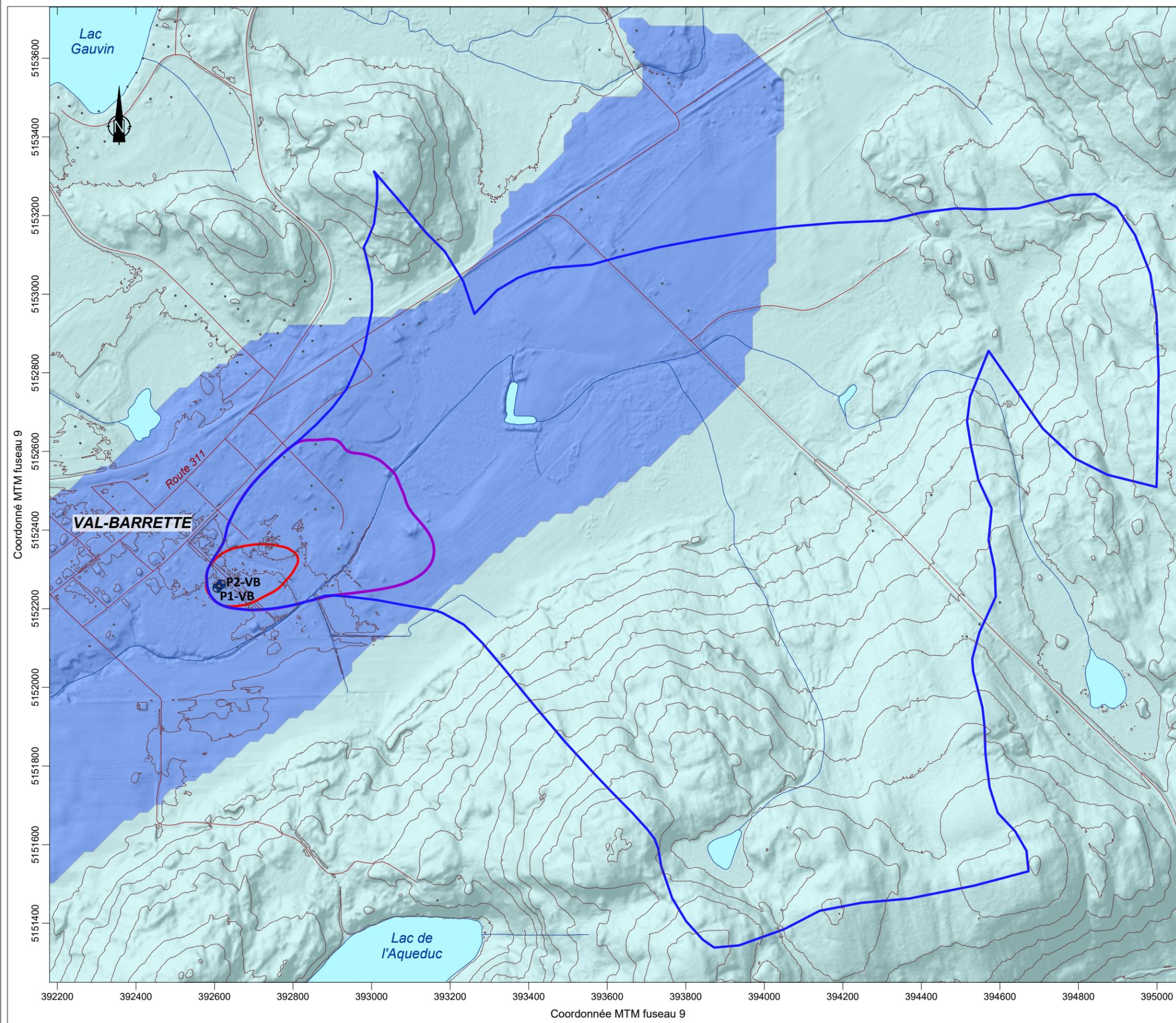
- Prélèvement d'eau souterraine à l'étude
- Aire de protection bactériologique
- Aire de protection virologiques
- Aire de protection éloignée



Réseaux routiers et hydrographiques: CANVEC
 Modèle numérique d'altitude: LiDAR, MERN Québec
 Indice DRASTIC: Richelieu Hydrogéologie



<p>Titre</p> <p>ANNEXE 5 : DRASTIC ; PARAMÈTRE I IMPACT DE LA ZONE NON-SATURÉE</p>	
<p>Projet</p> <p>MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N^{OS} X0009229-1 ET -2</p>	
<p>Interprétation et dessin</p> <p>Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env. Analyste en géomatique</p> <p>Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue</p>	
<p>Date</p> <p>Juillet 2020</p>	<p>Échelle</p> <p>1 : 10 000</p>



Légende

- Conductivité hydraulique
- cote 1: 5×10^{-7} à 5×10^{-5} m/s
 - Cote 6 : 3×10^{-4} à 5×10^{-4} m/s

- Prélèvement d'eau souterraine à l'étude
- Aire de protection bactériologique
- Aire de protection virologiques
- Aire de protection éloignée



Réseaux routiers et hydrographiques: CANVEC
 Modèle numérique d'altitude: LiDAR, MERN Québec
 Indice DRASTIC: Richelieu Hydrogéologie



ANNEXE 5 : DRASTIC ; PARAMÈTRE C CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE	
Projet MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VAL-BARRETTE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N ^{OS} X0009229-1 ET -2	
Interprétation et dessin Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env. Analyste en géomatique	
Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue	
Date Juillet 2020	Échelle 1 : 10 000