

**MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES – SECTEUR VILLAGE**  
**RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ**  
**PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE N<sup>OS</sup> X0009286-1 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 8 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

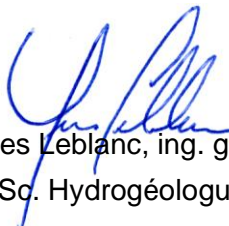
**Objet :           Municipalité de Lac-des-Écorces**  
**Analyse de la vulnérabilité des puits municipaux du secteur Village**  
**Prélèvements X0009286-1 et X-0009286-2**

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 *Village* 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 municipales situées en bordure de la rivière Kiamika ainsi que la délimitation des aires de protection et les niveaux de vulnérabilité des eaux souterraines 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 de type agricole et évacuation des eaux usées domestiques et que les priorités d'intervention afin de réduire ces menaces sont de contrôler les épandages. La formation de sous-produits de désinfection lors de la chloration semble d'origine naturelle et provient de la matière organique de la rivière Kiamika.

Je vous prie d'agréer, madame Labelle, 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 VILLAGE  
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ  
PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE N<sup>OS</sup> X0009286-1 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<sup>ième</sup> 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
3.	CARACTÉRISATION DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE .....	11
3.1	Généralités.....	11
3.2	Description des prélèvements .....	11
3.2.1	Description du Puits P1-LDE (X0009286-1).....	13
3.2.2	Description du Puits P2-LDE (X0009286-2).....	15
3.3	Description des installations de production et de distribution d'eau potable.....	17
3.3.1	Procédé de traitement de l'eau brute.....	17
3.3.2	Produits chimiques utilisés pour le traitement de l'eau potable .....	19
3.4	Historique de la quantité et de la qualité des eaux exploitées .....	20
3.4.1	Prélèvement d'eau brute .....	20
3.5	Qualité de l'eau brute et de l'eau distribuée.....	22
4.	DÉLIMITATION DES AIRES DE PROTECTION des sites de prélèvement .....	23
4.1	Généralités.....	23
4.2	Méthodologie de délimitation.....	24
4.2.1	Modèle conceptuel .....	25
4.2.2	Modèle numérique.....	27
4.3	Simulations réalisées et résultats obtenus.....	31
4.3.1	Aire de protection intermédiaire bactériologique .....	31
4.3.2	Aire de protection intermédiaire virologique .....	32
4.3.3	Aire de protection éloignée .....	32
5.	NIVEAU DE VULNÉRABILITÉ DES EAUX DANS LES AIRES DE PROTECTION .....	33



5.1	Généralités.....	33
5.2	Méthodologie de calcul.....	34
5.2.1	Profondeur de la nappe (D) .....	34
5.2.2	Recharge (R).....	34
5.2.3	Type d'aquifère (A).....	34
5.2.4	Type de sol (S) .....	34
5.2.5	Topographie (T).....	35
5.2.6	Impact de la zone vadose (I).....	35
5.2.7	Conductivité hydraulique (C).....	35
5.3	Résultats obtenus .....	35
6.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS .....	37
7.	RÉFÉRENCES.....	38



## LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Localisation du site 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 : Points de mesure de la nappe d'eau souterraine  
Figure 7 : Description du modèle numérique d'écoulement  
Figure 8 : Piézométrie modélisée avec un prélèvement de 455 m<sup>3</sup>/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 SIH .....	9
Tableau 2: Historique de recherche en eau souterraine sur le territoire .....	11
Tableau 3 : Détails des prélèvements d'eau souterraine .....	12
Tableau 4 : Produits chimiques utilisés pour le traitement des eaux .....	19
Tableau 5 : Données piézométriques issues de relevés effectués en 2006 et du SIH .....	27
Tableau 6 : Niveaux de vulnérabilité des aires de protection des puits P1-LDE et P2-LDE .....	36



## LISTE DES SCHÉMAS

Schéma 1 : Réseau hydrographique du secteur (MELCC, 2020).....	4
Schéma 2 : Bassin versant de la rivière Kiamika (MELCC, 2020).....	4
Schéma 3 : Zone inondable (MELCC, 2019).....	5
Schéma 4 : Milieux humides du secteur (MELCC, 2020) .....	5
Schéma 5 : Cultures déclarées en 2018 (MELCC, 2020) .....	7
Schéma 6 : Limites des périmètres de protection (Jolicoeur, 2005).....	10
Schéma 7 : Aires de protection d'un prélèvement d'eau souterraine (MELCC, 2019).....	23
Schéma 8 : Les sept paramètres hydrogéologiques (Decelles et al., 2019) .....	33

## LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Températures et précipitations pour la station Mont-Laurier (MERN, 2019).....	7
Graphique 2 : Prélèvement mensuel d'eau souterraine de 2011 à juin 2019.....	21
Graphique 3 : Suivi piézométrique de 2015 à 2019 .....	21
Graphique 4: Comparaison entre les niveaux d'eau observés et simulés .....	29

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Cartes du rapport	
Annexe 2 : Tableau des puits et forages répertoriés dans le SIH	
Annexe 3 : Schémas d'aménagement des installations	
Annexe 4 : Compilation des données de qualité de l'eau	
Annexe 5 : Cartes de l'indice 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. Corresponds physiquement au débit pouvant circuler dans une surface de 1 m<sup>2</sup> 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.

**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. Corresponds 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 distribution**: Un système de distribution à l'exception des équipements servant à prélever ou à traiter l'eau destinée à la consommation humaine.

**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. Pour les prélèvements d'eau souterraine, il s'agit de l'endroit où se trouve le puits : puits tubulaire, puits de surface, pointe filtrante, source à drains horizontaux, source à bassin unique.

**Système de distribution**: Une canalisation, un ensemble de canalisation ou toute installation ou tout équipement servant à capter ou stocker ou à distribuer de l'eau destinée à la consommation humaine, aussi appelé «système d'aqueduc». Le système de distribution comprend les installations ou équipements servant au traitement.

**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 des deux sites de prélèvement d'eau souterraine de catégorie 1 desservant le système de distribution d'eau potable du secteur Village 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 l'installation de production d'eau potable du secteur Village ;
- ❑ 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 ;
- ❑ Identifier les activités anthropiques, évènements potentiels et affectations du territoire susceptibles d'affecter la qualité et la quantité des eaux prélevées ;
- ❑ Évaluer les menaces que représentent les activités anthropiques et les évènements potentiels répertoriés ;
- ❑ Identifier les causes pouvant expliquer ce qui affecte ou a affecté la qualité et la quantité des eaux souterraines prélevées, 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 Village de la municipalité. De plus, l'étude inclut une cartographie 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 ses sources 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<sup>er</sup> 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 Village dont l'alimentation en eau provient de deux installations de prélèvement d'eau souterraine (P1-LDE et P2-LDE) espacées de l'ordre de quatre mètres. Les deux puits tubulaires aménagés en 2005 et 2006 exploitent un horizon de sable et gravier sous un horizon argileux. Ils sont localisés en bordure de la rivière Kiamika à environ 1 km au sud-ouest de l'agglomération municipale. Ce site de prélèvements alimente à lui seul l'installation de production et de distribution d'eau potable du secteur Village.

L'installation de production d'eau potable (X0009286) ainsi que l'installation de distribution (X0009285) sont situées à proximité des puits municipaux. Les prélèvements d'eau souterraine de la municipalité sont de catégorie 1 selon le RPEP et desservent 1 080 personnes. Les deux sites de prélèvement possèdent un débit de prélèvement autorisé totalisant 1 233 m<sup>3</sup>/jour.

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

### 2.1 Localisation géographique du site à l'étude

La municipalité de Lac-des-Écorces est située dans la région administrative des Laurentides, à l'intérieur de la MRC Antoine-Labelle. Le lieu à l'étude est situé sur le lot 3725 650 du cadastre du Québec (lot 7 du rang 1 du cadastre canton de Campbell), soit à l'adresse 418 chemin du Pont. Les coordonnées géographiques du secteur d'étude sont les suivantes :

- 75° 22' 28,15" Ouest
- 46° 33' 1,8" Nord

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

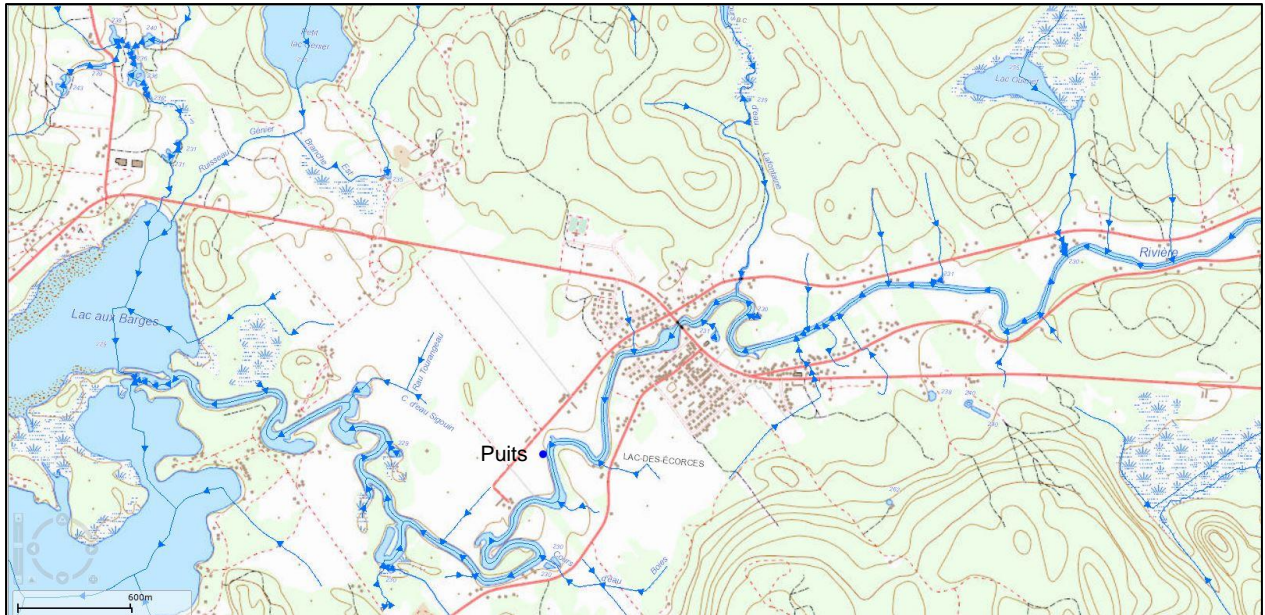
### 2.2 Contexte physiographique, topographie et drainage superficiel

La région appartient à la région Laurentienne, plus spécifiquement à l'ensemble physiographique des " Moyennes collines du Réservoir Kiamika". L'ensemble topographique appartient au « Fond de vallée de Saint-Philippe » caractérisé par des terrains dont la pente générale est de moins de 5%. Le site à l'étude se situe à 233,5 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 du territoire 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 la rivière Kiamika qui circule au centre de la municipalité, laquelle 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 de la rivière Kiamika. Le barrage Kiamika appartenant au MELCC (X0005460) situé au réservoir Kiamika régularise l'écoulement de la rivière Kiamika. La rivière Kiamika a fait l'objet d'une délimitation de territoire inondé par les crues printanières de 2017 et 2019. Le schéma 3 montre un extrait dans le secteur d'étude. Les puits à l'étude sont situés à l'extérieur de la zone d'inondation ciblée par l'annexe 2 du ZIS (zone d'intervention spéciale). Le secteur est également caractérisé par des milieux humides potentiels. Le schéma 4 présente la localisation des milieux humides potentiels répertoriés.

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



**Schéma 2 : Bassin versant de la rivière Kiamika (MELCC, 2020)**

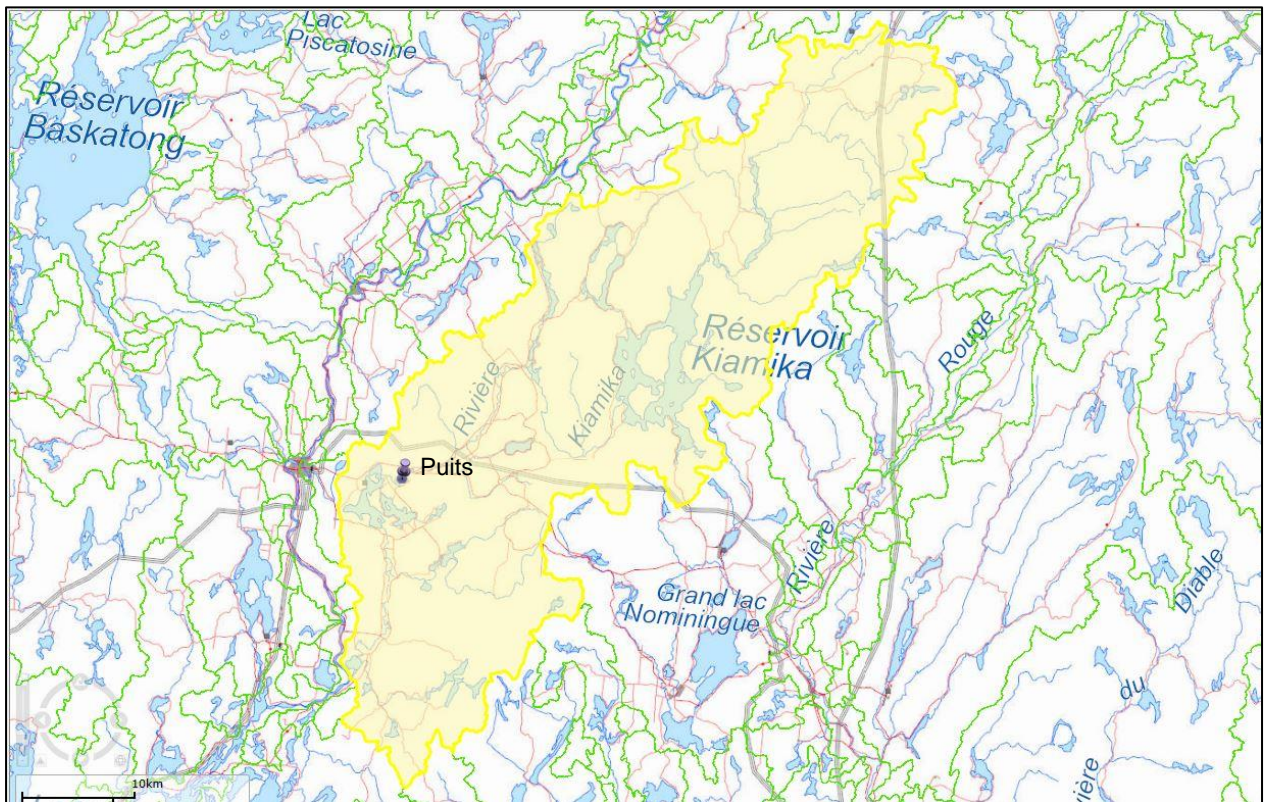




Schéma 3 : Zone inondable (MELCC, 2019)

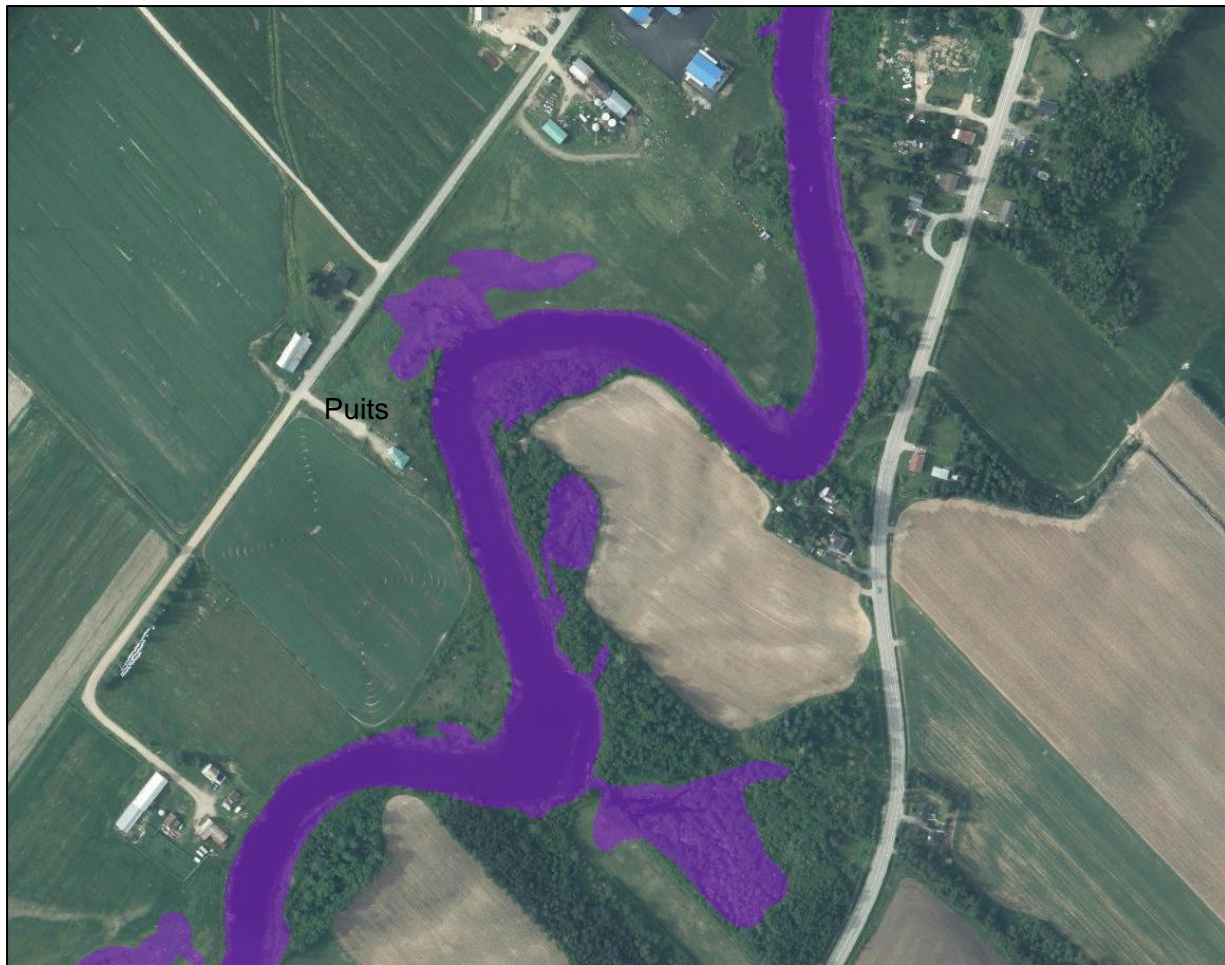
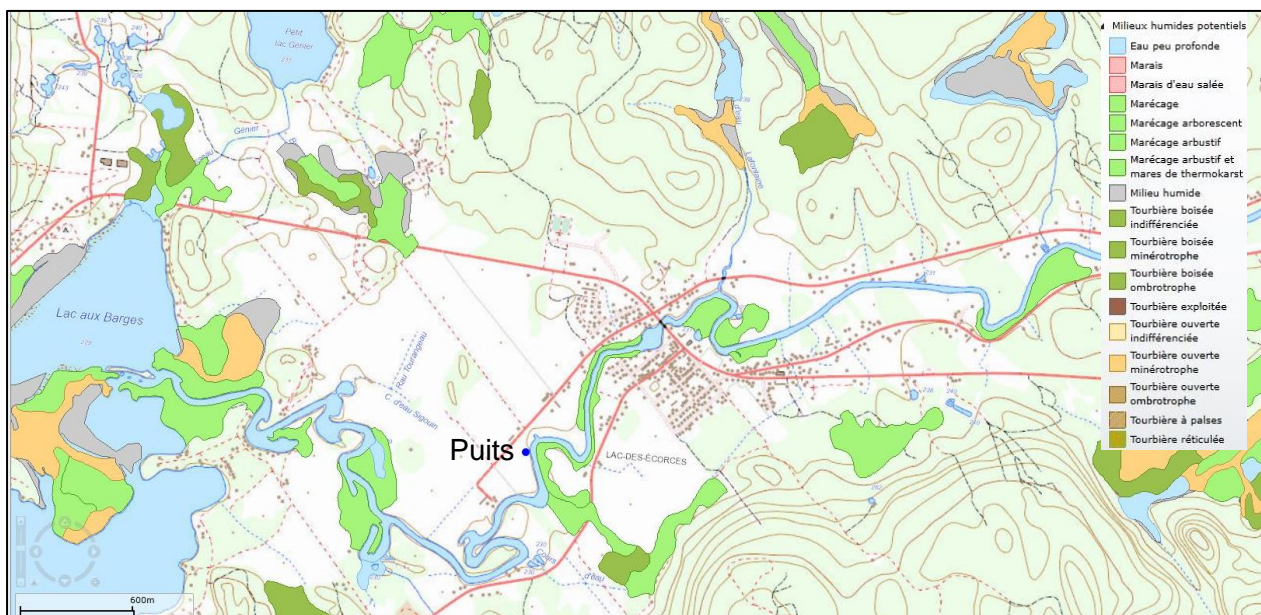


Schéma 4 : Milieux humides du secteur (MELCC, 2020)



### 2.3 Milieu humain

Le territoire environnant le site à l'étude est caractérisé par une affectation agricole. Les zones de cultures pour l'année 2018 sont principalement associées à la production d'avoine, de foin ou multiples. Le schéma 5 présente les cultures déclarées pour l'année 2018. Toutefois, le potentiel agricole ne convient pas aux activités agricoles extensives, mais plutôt aux cultures spécialisées (cultures abritées, maraîchères ou petits fruits) selon le plan d'urbanisme de la municipalité. Les principales utilisations du sol sont les suivantes :

- 45,9% de forêts;
- 16,8% de périmètre urbain ;
- 14,1% d'agriculture.

Le secteur fait partie du district écologique des "Basses collines du réservoir Kiamika" où une aire de confinement du cerf de Virginie est répertoriée près du lac à McGuire, à plus de 6 km à l'est du site à l'étude. Le secteur appartient à la forêt de feuillus caractérisée par des érablières à bouleau jaune de la zone tempérée nordique.

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 de puits pétroliers et gaziers n'est répertorié sur le territoire municipal dans les répertoires du MELCC, du MERN et au fédéral. Les deux terrains répertoriés dont l'eau souterraine est contaminée sur le territoire municipal sont situés nettement en dehors de l'aire d'alimentation des puits. Les deux interventions d'urgence-environnement répertoriées sont situées le long de la route 117. 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 situées dans le secteur de la route 117 et un dans le secteur Val-Barrette. Aucun site d'exploitation de sable et/ou gravier n'est présent sur le territoire d'étude.

Aucun site d'enfouissement technique, de dépôt en tranchée et de traitement des boues de fosses septiques n'est présent sur le territoire municipal selon le plan d'urbanisme municipal.



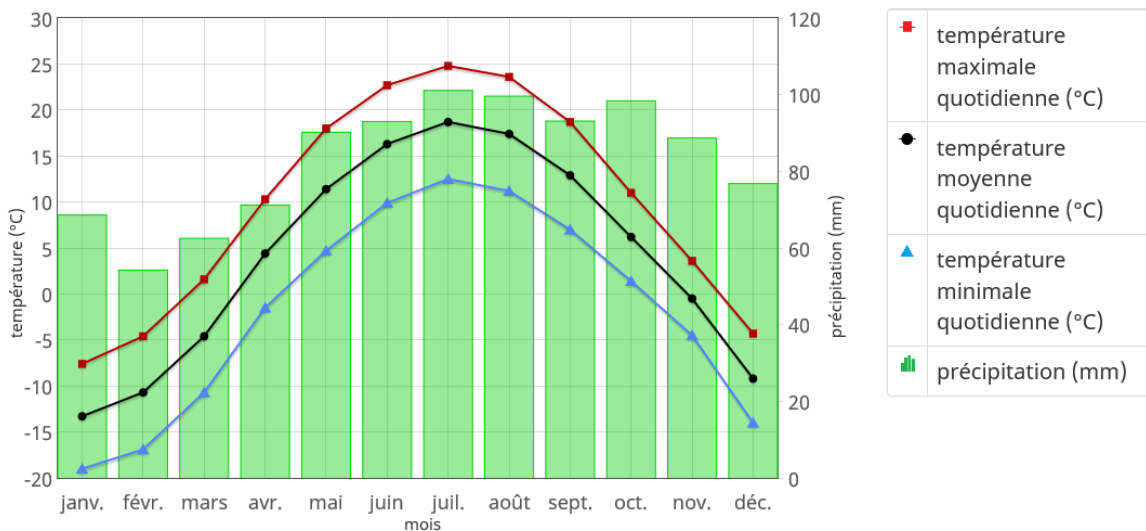
Schéma 5 : Cultures déclarées en 2018 (MELCC, 2020)



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 14 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 la station Mont-Laurier.

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, dans la subdivision de la Ceinture allochtone monocyclique et incluse dans le Terrane de Mont-Laurier (Lacoste, 2001). Localement, le socle rocheux appartient à la Suite intrusive de Chevreuil composée de monzonite avec par endroits des interdigitations de gabbro ou lentilles de microdiorite. Légèrement au nord, le socle rocheux est constitué principalement de paragneiss de la Suite supracrustale de l'Ascension. Ces deux suites sont séparées par une faille de type cisaillement régional. Des affleurements rocheux sont répertoriés sur les hauts topographiques. La figure 4 présente un extrait de la carte géologique du SIGEOM, Québec.

Les dépôts de surface dans la vallée sont composés de sédiments glaciolacustres d'eau peu profonde composés principalement de sable et parfois de gravier et des sédiments juxtaglaciaires de sable, gravier, blocs avec des poches de till. En bordure, des dépôts glaciaires sont cartographiés. La figure 5 présente un extrait de la carte des formations superficielles de la région. La pédologie locale est issue de sols sableux et est principalement composée de sable fin de Diable, de loam limoneux de Brébeuf et d'un loam sableux très fin d'Allumette. En bordure, la pédologie provient de sols divers (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, 27 puits et forages sont répertoriés comparativement à 5 puits et forages pour un rayon de 1 km et de 64 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 répertoriés 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 à débit moyen de l'ordre de 43,6 litres/minute. L'épaisseur des dépôts meubles est très variable avec une moyenne de 10,6 m. La stratigraphie rencontrée est constituée d'horizons de sable, d'argile ou de gravier au-dessus du socle rocheux.

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

Caractéristiques	Rayon de 1,5 km (27 puits)		
	Moyenne	Minimum	Maximum
Forage jusqu'au roc		93 %	
Niveau d'eau à la fin des travaux (m)	6,7	3,05	16,8
Débit (L/min)	43,6	2,7	379
Épaisseur des dépôts meubles (m)	10,6	0,9	51,8
Profondeur (m)	57,4	12,8	111,3

### 2.6.2 Études hydrogéologiques locales

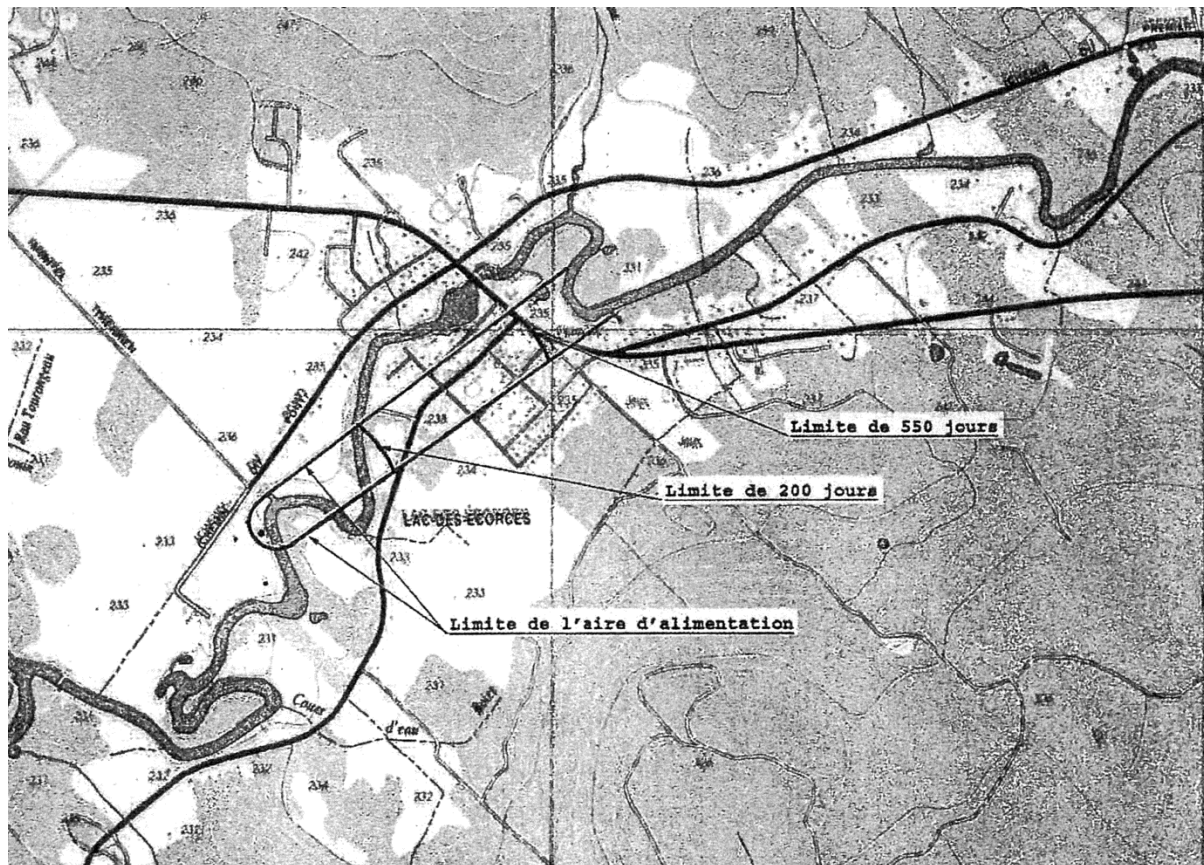
Les rapports techniques réalisés par *Marcel Jolicoeur* dans le cadre de l'approvisionnement en eau souterraine de la municipalité ont permis d'établir les éléments suivants concernant le contexte hydrogéologique du secteur Village :

- Onze (11) forages exploratoires (4 forages en 2002 et 7 forages en 2005) ont été réalisés le long de la rivière Kiamika.
- La séquence stratigraphique générale de la vallée est constituée, de la surface vers le bas, de sable superficiel, de silt argileux, de sable et gravier dans une matrice de silt (till), suivi du socle rocheux. L'aquifère exploité par les puits est de type captif. Il est composé de sable, gravier et blocs et est localisé au centre de l'unité de till et possède une épaisseur de 6 mètres ;
- Le niveau statique au puits PE-1/05 (P1-LDE) était de 3,6 m sous la surface du terrain, correspondant à une altitude de 229,71 m ;
- La transmissivité moyenne de l'aquifère est de l'ordre de 1 034 m<sup>2</sup>/jour et la conductivité hydraulique est de 2 x 10<sup>-1</sup> cm/sec ;
- La direction d'écoulement de l'eau souterraine est affectée par trois directions différentes, mais la direction principale est du nord-nord-est vers le sud-sud-ouest avec un gradient hydraulique de 0,003 ;
- L'eau souterraine soutirée conforme aux normes de l'eau potable ;
- L'indice DRASTIC a été évalué à 96 donc faiblement vulnérable ;
- Les aires de protection sont de 30 m pour la protection immédiate, de 450 mètres l'isochrone 200 jours (bactériologique), de 1050 m pour l'isochrone 550 jours (virologique) et d'une parabole dont les dimensions sont de 29 m vers l'aval, de 91 m de

largeur à la hauteur du puits et de 182 m pour la largeur maximale. Le schéma 6 présente les aires de protection délimitées dans le cadre de l'étude de 2005.

La municipalité possède également un puits exploitant le socle rocheux pour l'hôtel de ville sur la route 117. L'aquifère exploité par les puits municipaux est absent à cet endroit. Les forages et puits cités dans ces études sont localisés aux figures 2 et 3 de la présente étude.

**Schéma 6 : Limites des périmètres de protection (Jolicoeur, 2005)**



### 3. CARACTÉRISATION DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE

#### 3.1 Généralités

Le secteur Village de la municipalité de Lac-des-Écorces possède un réseau d'aqueduc alimenté en eau souterraine depuis 2006 par deux puits tubulaires (P1-LDE et P2-LDE) localisés en bordure de la rivière Kiamika à environ 1 km au sud-ouest de l'agglomération municipale. L'installation de production X0009286, alimente un seul système de distribution d'eau potable (X0009285) appelé Lac-des-Écorces (Village). Le réseau d'aqueduc de la municipalité dessert environ 1 080 personnes (MELCC, 2019). Le tableau 2 présente un récapitulatif de l'historique de recherche en eau souterraine de la municipalité.

**Tableau 2: Historique de recherche en eau souterraine sur le territoire**

Date	Description
Avant 2002	Alimentation en eau potable via une prise d'eau de surface, problème d'ordre qualitatif
2002	Première recherche en eau souterraine (4 forages, problème de qualité au F 4/02, soit pour les paramètres du fer, du manganèse, des sulfures et du COT)
2005	Poursuite de la recherche en eau souterraine à l'aide de 7 forages et aménagement d'un puits d'essai P1-LDE
2006	Aménagement du second puits P2-LDE en 200 mm de diamètre

Le procédé de traitement à la station de distribution située à proximité des puits d'exploitation comprend l'enlèvement du fer et du manganèse et une désinfection. La capacité de traitement est de 860 m<sup>3</sup>/jour. L'usine comprend deux réservoirs d'une capacité totale de 380 m<sup>3</sup>. L'usine possède une capacité de 1 400 m<sup>3</sup>/jour.

La qualité de l'eau souterraine soutirée s'est détériorée pendant les premières années d'exploitation, principalement pour les paramètres du fer, du manganèse, de la couleur et du carbone organique.

#### 3.2 Description des prélèvements

La description du lieu des prélèvements d'eau souterraine du secteur Village de la municipalité de Lac-des-Écorces a été réalisée à la suite d'une visite des lieux effectuée le 28 juin 2019. Les lieux visités comprennent les puits municipaux et les 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 a permis de confirmer que l'aménagement des puits est conforme, à l'exception de l'absence d'un monticule autour des ouvrages de captage. Suite à notre visite, un monticule a été aménagé. L'environnement immédiat des puits est conforme et l'on dénote l'absence de source potentielle de contamination dans l'aire de protection immédiate. Celle-ci est clôturée à 30 m de distance des puits, sauf du côté de la rivière, laquelle est à environ 20 m à l'est des puits.

Le piézomètre équipé d'une sonde à lecture automatique correspond au forage FLDE-5/05 tandis qu'un quatrième tubage sur dans l'aire de protection immédiate a été identifié au forage FLDE-4/05. Le tableau 3 présente les coordonnées de localisation des puits municipaux.

**Tableau 3 : Détails des prélèvements d'eau souterraine**

Site de prélèvement	# du site de prélèvement	Coordonnée MTM Est	Coordonnée MTM Nord	Profondeur prélèvement	Type de prise d'eau	Débit autorisé
Puits P1-LDE	X0009286-1	391 109 m	5 157 377 m	20,73 m	Puits tubulaire	1 233 m <sup>3</sup> /jour
Puits P2-LDE	X0009286-2	391 108 m	5 157 381 m	20,73 m	Puits tubulaire	

Les puits sont exploités en alternance, à la demande, en fonction du niveau de la réserve.

### 3.2.1 Description du Puits P1-LDE (X0009286-1)

Les principales caractéristiques du puits sont les suivantes :

<b>Information générale</b>	
Année de construction	2005
Type d'usage	Utilisation permanente
Type de prélèvement	Puits tubulaire
Environnement immédiat	Surface gazonnée, pente en direction de la rivière et zone clôturée autour du puits
<b>Aménagement du puits</b>	
Margelle	0,95 m
Diamètre	250 mm
Crépine	Crépine télescopique de 1,5 mm d'ouverture entre 17,73 et 20,73 m
Profondeur du puits	20,73 m
Aquifère exploité	Sable, gravier et blocaux
<b>Infrastructures</b>	
Type pompe	GRUNDFOS, 150S 75-4 (7,5HP) de 4Ø, située à 15 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
État des installations	Tubage d'acier en bon état, le puits est recouvert d'un couvercle scellé. Monticule autour du puits aménagé suite à notre visite
<b>Autorisation</b>	
Numéro du puits	X0009286-1
Débit de prélèvement	1 233 m <sup>3</sup> /jour (pour les deux puits)
Autorisation de prélèvement	7319-15-01-79078-01 400350354.

Le montage photographique ci-après permet de visualiser l'installation de prélèvement d'eau souterraine. Le schéma d'aménagement issu de l'étude hydrogéologique datant de la construction est présenté à l'annexe 3.

### Montage photographique 1 : Environnement du puits P1-LDE



#### Aménagement :

Margelle : 0,95 m

Diamètre du tubage : 250 mm

Couvercle : conforme, mais pas de cadenas

Absence d'eau stagnante en surface

Monticule aménagé suite à notre visite



#### Ensemble des forages

Puits P1 en bleu

Puits P2 à gauche

Piézomètres vers la rivière (forage 4/05 et forage 5/05)

Clôture de protection

Présence de la rivière Kiamika en arrière-plan

Station de pompage et de traitement à l'ouest



#### Environnement immédiat

Présence d'une clôture pour délimiter l'aire de protection immédiate

Milieu généralement gazonné

Présence d'un panneau indicateur

Aucune activité autre que celles relatives au prélèvement d'eau, présence d'une génératrice à l'intérieur du poste de pompage

### 3.2.2 Description du Puits P2-LDE (X0009286-2)

Les principales caractéristiques du puits sont les suivantes :

<b>Information générale</b>	
Année de construction	2006
Type d'usage	Utilisation permanente
Type de prélèvement	Puits tubulaire
Environnement immédiat	Surface gazonnée, pente en direction de la rivière et zone clôturée autour du puits
<b>Aménagement du puits</b>	
Margelle	0,8 m
Diamètre	200 mm
Crépine	Crépine télescopique de 1,5 mm d'ouverture entre 17,68 et 20,73 m
Profondeur du puits	20,73 m
Aquifère exploité	Gravier moyen à sable moyen
<b>Infrastructures</b>	
Type pompe	GRUNDFOS, 150S 75-4 (7,5HP) de 4Ø située à 15 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
État des installations	Tubage d'acier en bon état, le puits est recouvert d'un couvercle scellé. Monticule autour du puits aménagé suite à notre visite
<b>Autorisation</b>	
Numéro du puits	X0009286-2
Débit de prélèvement	1 233 m <sup>3</sup> /jour (pour les deux puits)
Autorisation de prélèvement	7319-15-01-79078-01 400350354.

Le montage photographique ci-après permet de visualiser l'installation de prélèvement d'eau souterraine. Le schéma d'aménagement issu de l'étude hydrogéologique datant de la construction est présenté à l'annexe 3.



## Montage photographique 2 : Environnement du puits P2-LDE



### Aménagement :

Margelle : 0,8 m

Diamètre du tubage : 200 mm (8")

Couvercle : conforme, mais pas de cadenas

Absence d'eau stagnante en surface

Monticule aménagé suite à notre visite



### Environnement immédiat

Présence d'une clôture pour délimiter l'aire de protection immédiate

Milieu généralement gazonné

Bâtiment de production d'eau potable

Aucune activité autre que celles relatives au prélèvement d'eau



### Compteur d'eau individuel

Magnétique

Débit cumulé

Débit instantané

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

Le bâtiment pour la production d'eau potable se situe à proximité 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 X0009286 alors que l'installation de distribution est le X0009285 (MELCC, 2019).




#### 3.3.1 Procédé de traitement de l'eau brute

Le procédé de traitement à la station de production située à proximité des puits d'exploitation 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 sous pression à sable vert 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. La capacité de traitement est de 860 m<sup>3</sup>/jour. L'usine comprend deux réservoirs d'une capacité totale de 380 m<sup>3</sup>. L'usine possède une capacité de 1400 m<sup>3</sup>/jour.

Le suivi électronique de la distribution comprend le suivi des puits, de la qualité de l'eau souterraine (turbidité, chlore, pH, permanganate, température et conductivité), du réservoir des boues de lavage et des débits de filtration et de distribution.

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

**Montage photographique 3 : Installations de production d'eau potable**

	<p><b>Injection de permanganate de potassium</b> Pompes doseuses et réservoirs de permanganate</p>
	<p><b>Filtres</b> Deux filtres au sable vert installés en parallèle</p>
	<p><b>Désinfection</b> Injection d'hypochlorite de sodium</p>



	<p><b>Réservoirs</b>                  Réservoir constitué de 2 cellules                  Capacité : 380 m<sup>3</sup></p>
	<p><b>Génératrice</b>                  Installée dans une salle                  Environnement propre et sécuritaire</p>

### 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 au tableau 4.

**Tableau 4 : Produits chimiques utilisés pour le traitement des eaux**

Produit chimique utilisé pour le traitement des eaux	Masse annuellement utilisée
Permanganate de potassium	685 kg
Hypochlorite de sodium 12%	4500 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 de 2011 à juin 2019.

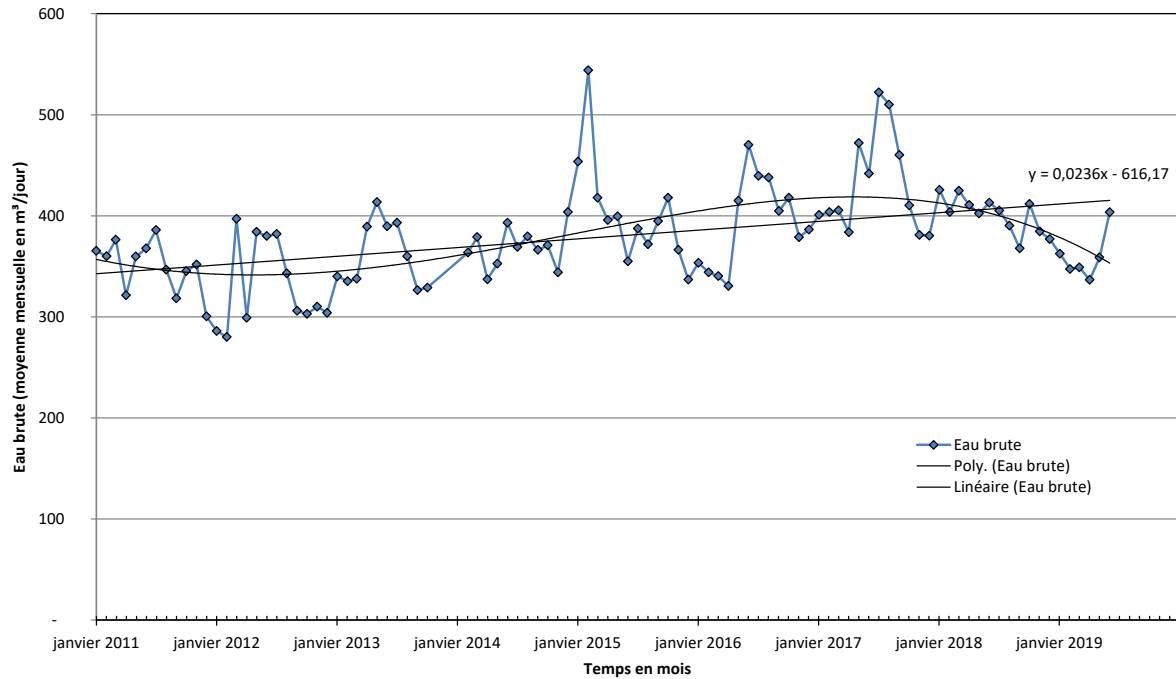
Les données de consommation qui y sont présentées sont les suivantes :

- Le prélèvement moyen annuel combiné des deux puits varie entre 331 et 431 m<sup>3</sup>/jour avec une moyenne de 380 m<sup>3</sup>/jour ;
- Le prélèvement maximum mensuel a été de 544 m<sup>3</sup>/jour en février 2015 ;
- La consommation moyenne d'eau par personne est de l'ordre de 366 L/personne/jour, mais elle a été de 390 L/personne/jour en 2017 et 2018. Un plan d'économie d'eau prévoit abaisser la consommation à environ 300 m<sup>3</sup>/jour ;
- Selon la tendance depuis 2011, le débit moyen projeté dans l'horizon 2024 est de 455 m<sup>3</sup>/jour ;
- La répartition du prélèvement est égale pour les deux puits.

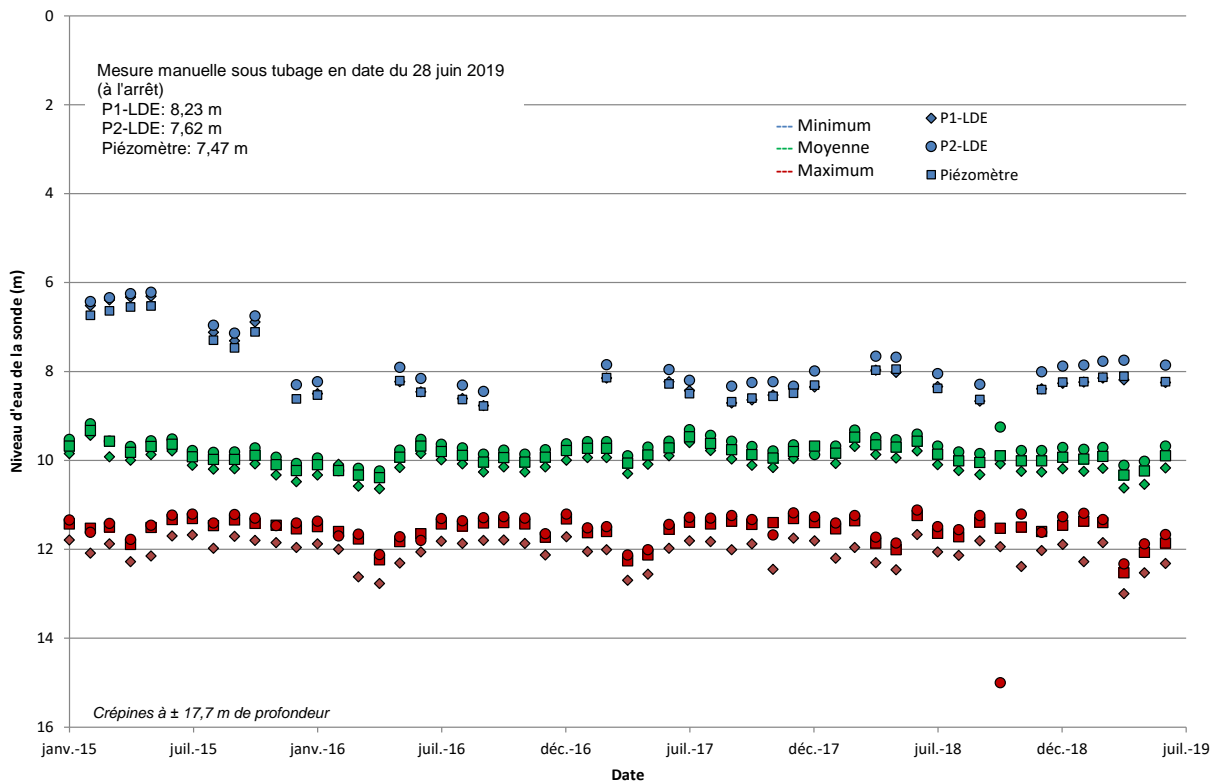
Le prélèvement moyen a augmenté entre 2015 et 2017, puis a diminué en 2018 et au début de l'année 2019. Le graphique suivant présente la compilation de la consommation mensuelle d'eau brute prélevée des deux puits de la municipalité. Le nombre de personnes desservies serait de 1080 pour le secteur Village 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 suivi piézométrique de la municipalité indique l'absence d'une problématique de surexploitation de l'aquifère. Le niveau dynamique maximal est constant pour l'ensemble des points d'observation et non problématique.

Graphique 2 : Prélèvement mensuel d'eau souterraine de 2011 à juin 2019



Graphique 3 : Suivi piézométrique de 2015 à 2019



### 3.5 Qualité de l'eau brute et de l'eau distribuée

Les données disponibles concernant la qualité de l'eau souterraine brute et distribuée sont présentées à l'annexe 4 du présent document.

Le suivi à l'eau brute montre une conformité pour la qualité de l'eau soutirée à l'exception du nombre de bactéries en date du 18 juillet 2016. Les caractéristiques physico-chimiques montrent une turbidité variable, mais toujours inférieure à 5 UTN, une couleur et une absorbance élevée ainsi qu'une concentration de carbone organique de l'ordre de 5 mg/l en 2017. L'historique montre également une hausse marquée du fer et du manganèse. L'eau brute est précurseur de trihalométhanes et d'acides acétiques halogénés. Les paramètres organiques (hydrocarbures pétroliers, HAP, BTEX, pesticides et paramètres du RQEP) analysés en mai 2015 et en mai 2020 se situent tous sous la limite de détection.

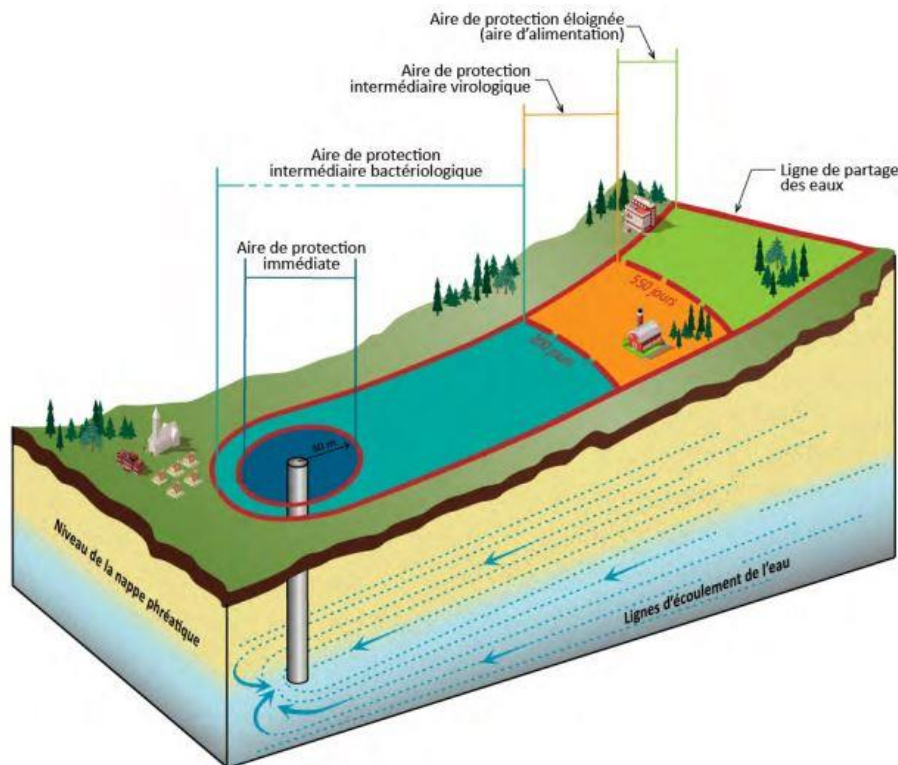
L'eau distribuée respecte les normes en vigueur. Les nitrates et la turbidité sont généralement sous la limite de détection.

## 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 7 : Aires de protection d'un prélèvement d'eau souterraine (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 intermédiaire 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. Elle remplace la méthode par calculs analytiques réalisée antérieurement. Le débit d'exploitation utilisé est celui prévu en 2024, soit 455 m<sup>3</sup>/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.

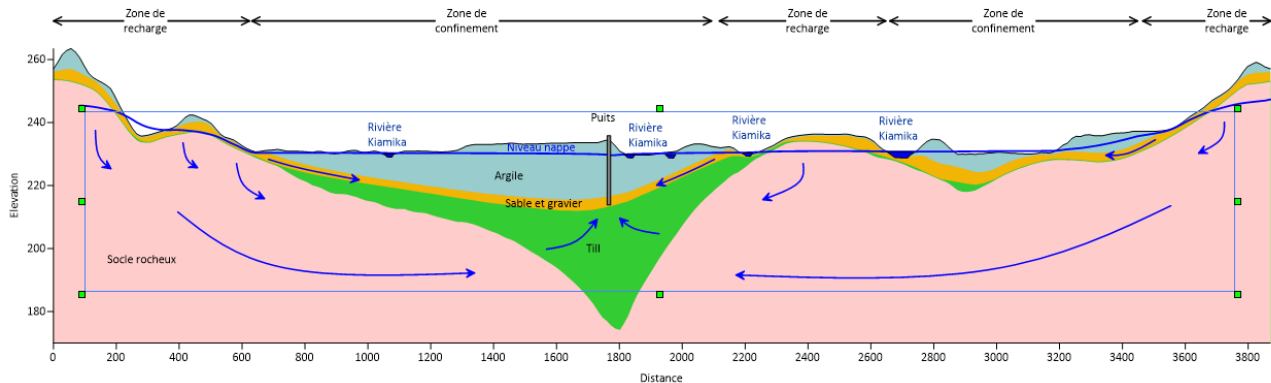
Une fois le modèle numérique élaboré et les débits de prélèvement déterminés, le parcours à rebours de particules d'eau à partir des puits a été simulé avec des temps de parcours respectifs de 200 jours, 550 jours et à l'infini, de façon à reproduire les isochrones représentatifs des aires de protection 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 aquitard composé de sédiments meubles d'origine glaciaire. Un second aquifère granulaire se superpose par-dessus les sédiments glaciaires, puis le tout est recouvert par un aquitard discontinu de sédiments fins glacio-lacustres. La recharge

est assurée par l'infiltration des précipitations sur les collines de part et d'autre de la vallée de la rivière Kiamika et dans les discontinuités de l'aquitard. Selon l'historique de la qualité de l'eau aux puits, notamment en ce qui concerne l'évolution du carbone organique total, il est possible de croire qu'une section de la rivière Kiamika joue un rôle à la fois de recharge et d'émergence des eaux souterraines. 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  $1 \times 10^{-1}$  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 de la rivière Kiamika, puis vers l'ouest, selon le sens d'écoulement de la rivière.

**Tableau 5 : Données piézométriques issues de relevés effectués en 2006 et du SIH**

Nom actuel	Coordonnées MTM fuseau 9		Piézométrie statique
	X (m)	Y (m)	(m)
Puits-LDE	391109	5157377	229,83
FLDE-5-5	391114	5157381	229,85
Hôtel de Ville	393202	5158106	240,21
Station	391804	5158238	225,88
SIH-6	389349	5157230	225,85
SIH-8	389381	5158040	233,48
SIH-9	389580	5157390	230,09
SIH-13	389742	5159730	233,78
SIH-19	390031	5158100	230,77
SIH-20	390078	5158250	241,52
SIH-22	390094	5159080	239,74
SIH-33	390479	5159050	250,36
SIH-38	391000	5157990	230,58
SIH-39	391042	5157520	229,38
SIH-42	391627	5158330	221,21
SIH-43	391685	5157930	231,57
SIH-45	391945	5158410	228,09
SIH-48	392164	5158430	231,94
SIH-49	392579	5158440	227,32
SIH-52	392756	5158550	232,64
SIH-55	393235	5157960	232,19
SIH-57	393446	5158160	238,79
SIH-64	393858	5158850	228,60

#### 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 23,3 km<sup>2</sup>. Les dimensions du domaine modélisé sont de 5 420 m par 4 300 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: 388 840 m Est et 5 155 580 m Nord. Les mailles du modèle forment un



carré ayant une arrête de 20 m. 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'aquitard d'argile glacio-lacustre, la couche 2 représente l'aquifère de sable et gravier, la couche 3, l'aquitard de till glaciaire et la couche 4, le socle rocheux. Les surfaces qui délimitent ces couches ont été interprétées selon les informations disponibles tirées des études hydrogéologiques et du SIH.

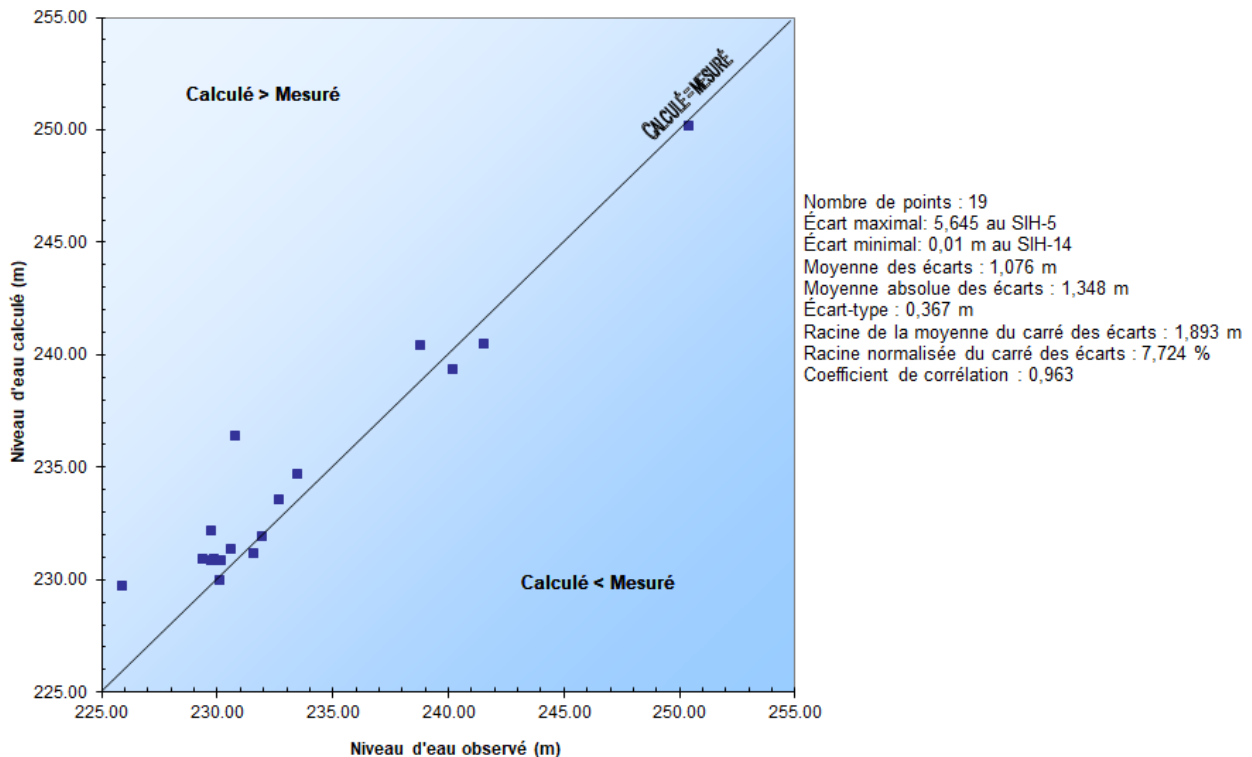
Les propriétés hydrogéologiques qui ont été insérées dans le modèle sont celles qui ont été mesurées lors des études hydrogéologiques, lorsque disponibles, sinon elles ont été tirées de la littérature, puis ajustées lors du processus de calibrage du modèle. Ainsi, la conductivité hydraulique de l'aquifère est de  $1 \times 10^{-1}$  cm/sec, tandis que la conductivité hydraulique des autres unités varie de  $1 \times 10^{-6}$  à  $5 \times 10^{-4}$  cm/sec (voir figure 7).

Les limites latérales du modèle ont été simulées avec des limites de type « no flow » pour simuler les lignes de séparation des eaux sur les crêtes rocheuses environnantes. Des conditions limites de type « drains » ont été utilisées afin de représenter les cours d'eau superficiels de faible importance, tandis que la rivière Kiamika a été simulée 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 325 mm/an a été assigné sur les mailles du modèle, où le socle roche est affleurant ou sub-affleurant, une recharge de 225 mm/an a été assignée aux zones où des sédiments meubles grossiers sont cartographiés et une recharge de 25 mm/an a été assignée aux zones où une couche d'argile a été interprétée (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 4: 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, 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 la rivière Kiamika a été réalisée sur la conductance des sédiments. Celle-ci possède une sensibilité de type 3. En effet, le degré de lien entre la rivière et l'aquifère, aux endroits où la couche d'argile s'amincit contrôle le niveau piézométrique de la nappe, ainsi que le débit d'eau provenant de la rivière. Puisque des évidences (COT, formation de THM) montrent qu'un apport non négligeable d'eau provient de la rivière, le choix a donc été fait d'utiliser une conductance permettant un apport d'environ 50% qui proviendrait de la rivière après un temps de parcours de l'ordre de deux ans et cette combinaison de paramètres procure le meilleur calibrage.

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 455 m<sup>3</sup>/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 8,7 ha. Elle s'étend sur une distance maximale de 95 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 25 ha en incluant l'aire de protection bactériologique. Elle s'étend sur une distance maximale de 340 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 302 ha en incluant les aires de protection intermédiaires. Elle s'étend sur une distance maximale de 1 600 m des puits.

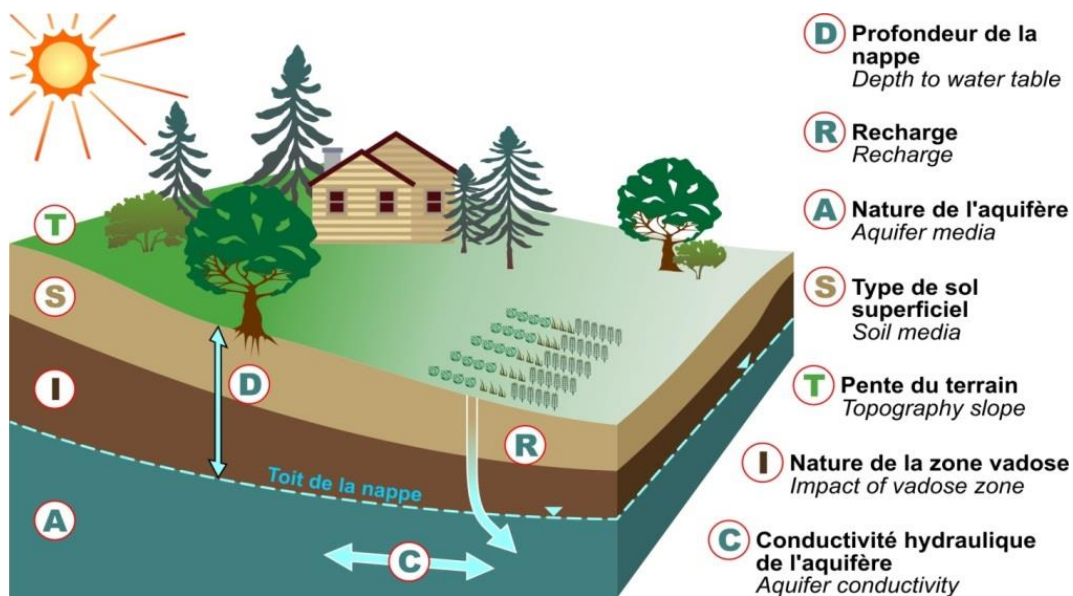
## 5. NIVEAU DE VULNÉRABILITÉ DES EAUX DANS LES AIRES DE PROTECTION

### 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 8 : 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 Village, 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)

Étant donné que 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 2 à 10 soit entre plus petit que 1,5 m à entre 23 et 31 mètres. 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 d'un extrait 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 principalement à la zone de nappe captive alors que la recharge augmente en zone de nappe libre. 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 4, 6, 7 et 9 ont été attribuées selon le type de sol présent,

soit des sols de loam limoneux à 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 à l'exception de la zone sud de l'aire d'alimentation. 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 sur plus de 5 mètres, l'aquifère est considéré comme captif et alors, une cote de 1 est attribuée. Une cote de 2 a été attribuée aux dépôts meubles d'origine glaciaire (till), de 6 aux sédiments glaciolacustres littoraux et de 8 pour l'unité de sables et graviers. 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 10 au centre de la vallée et de 1 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 78 et 189. Les zones à forte vulnérabilité se situent dans la zone urbaine de la municipalité et en bordure de la route 311 dans la zone sud de l'aire d'alimentation.

La valeur maximale de l'indice DRASTIC observée sur les aires de protection immédiate et intermédiaire est dans le niveau de vulnérabilité moyen (126). L'indice DRASTIC est élevé pour



l'aire de protection éloignée étant donné que la cote maximale obtenue est de 189. Le tableau 6 présente les plages d'indices DRASTIC obtenues pour chaque aire de protection.

**Tableau 6 : Niveaux de vulnérabilité des aires de protection des puits P1-LDE et P2-LDE**

Aire de protection	Plage d'indices DRASTIC	Niveau de vulnérabilité
Immédiate	101-106	Moyen
Intermédiaire (bactériologique)	96-116	Moyen
Intermédiaire (virologique)	96-126	Moyen
Éloignée	78-189	Élevé

## 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 village, 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 granulaire dans la vallée de la rivière Kiamika. 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 ;
- 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 ;
- 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 455 m<sup>3</sup>/jour, soit le débit prévu dans un horizon de 5 ans ;
- La cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère a été effectuée selon la méthode DRASTIC. Les aires de protection immédiate et intermédiaire ont un niveau de vulnérabilité moyen alors que l'aire de protection éloignée a un niveau de vulnérabilité élevé ;

## 7. 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.

Anderson, M. P. et Woessner, W. W. (1992). *Applied Groundwater Modeling— Simulation of Flow and Advective Transport*. Academic Press, Inc., San Diego, CA.

ASTM International. (2016). *ASTM D5611-94(2016), Standard Guide for Conducting a Sensitivity Analysis for a Groundwater Flow Model Application*.

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.

GENIVAR, 2009. Description sommaire et débits de conception, chapitre 2.

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

Institut national de santé publique du Québec, décembre 2002. Trihalométhanes, Fiches synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Fiche rédigée initialement par Jean-Claude Belles-Isles, Karine Chaussé, en collaboration avec Denise Phaneuf et les membres du groupe scientifique sur l'eau de l'Institut national de santé publique du Québec. Site internet :

<https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/trihalomethanes>

Jolicoeur, M., octobre 2002. Municipalité de Lac-des-Écorces, Recherche en eau souterraine, Rapport d'étape.

Jolicoeur, M., juillet 2005. Municipalité de Lac-des-Écorces, Étude hydrogéologique, Recherche en eau souterraine.

Jolicoeur, M., juin 2006. Municipalité de Lac-des-Écorces, Étude hydrogéologique, Rapport de construction du nouveau puits de 200 mm et des essais de pompage.

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

McDonald, M. G. et Harbaugh, A. W. (1988). A modular three-dimensional finite-difference groundwater flow model, Techniques of Water-Resources Investigations Report, 06-A1. *Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey*, 588. doi:10.1016/0022-1694(70)90079

Ministère de l'énergie et des ressources naturelles du Québec (GESTIM), 15 novembre 2019. Carte des titres miniers 31J11– Ferme Neuve, échelle 1/50 000.

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

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, 2020. Atlas interactif de la qualité des eaux et des écosystèmes aquatiques. Site Internet: [http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/Atlas\\_interactif/donnees\\_recentes/donnees\\_igbp.asp](http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/Atlas_interactif/donnees_recentes/donnees_igbp.asp)

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](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](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](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. 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. Carte topographique 31J11 (Ferme-Neuve), échelle 1/50 000.

Ministère des ressources naturelles du Québec, 2006. Carte topographique 31J11-0101, échelle 1/20 000.

Publications Québec, 1<sup>er</sup> novembre 2019, Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP).

Publications Québec, 1<sup>er</sup> novembre 2019, Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP).

Santé Canada, 2006. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Les trihalométhanes. Site internet : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-trihalomethanes.html>

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 141, Municipalité de Lac-Des-Écorces.

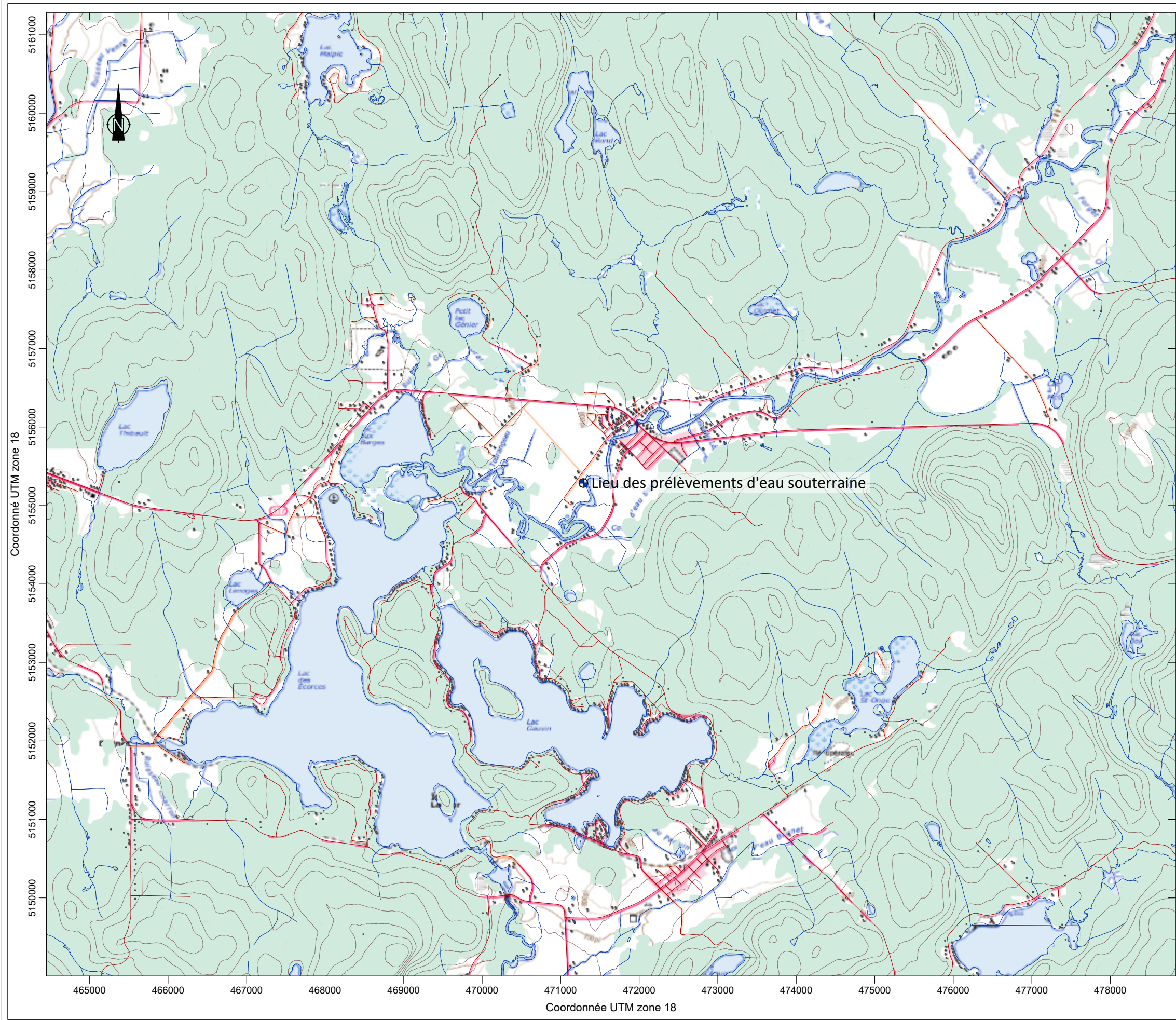
Service de l'inventaire forestier du Québec et Société générale de foresterie Sylvico inc., 14 février 1992. Carte de dépôts de surface, Document de travail.

Vinette, Y., 2001. Évolution spatio-temporelle et modélisation des trihalométhanes dans des réseaux de distribution d'eau potable de la région de Québec, Mémoire, Université Laval, Faculté des sciences et génie. Site internet :

<http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk3/ftp05/MQ65416.pdf>

**MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES – SECTEUR VILLAGE  
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ  
PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE NOS X0009286-1 ET -2**

**ANNEXE 1 : FIGURES**

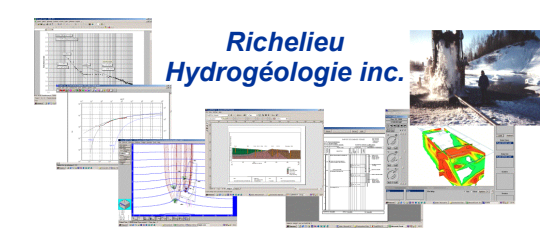


**Légende**

● Prélèvements d'eau souterraine du secteur Village



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 VILLAGE  
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE  
POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N<sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2**

Interprétation et dessin

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

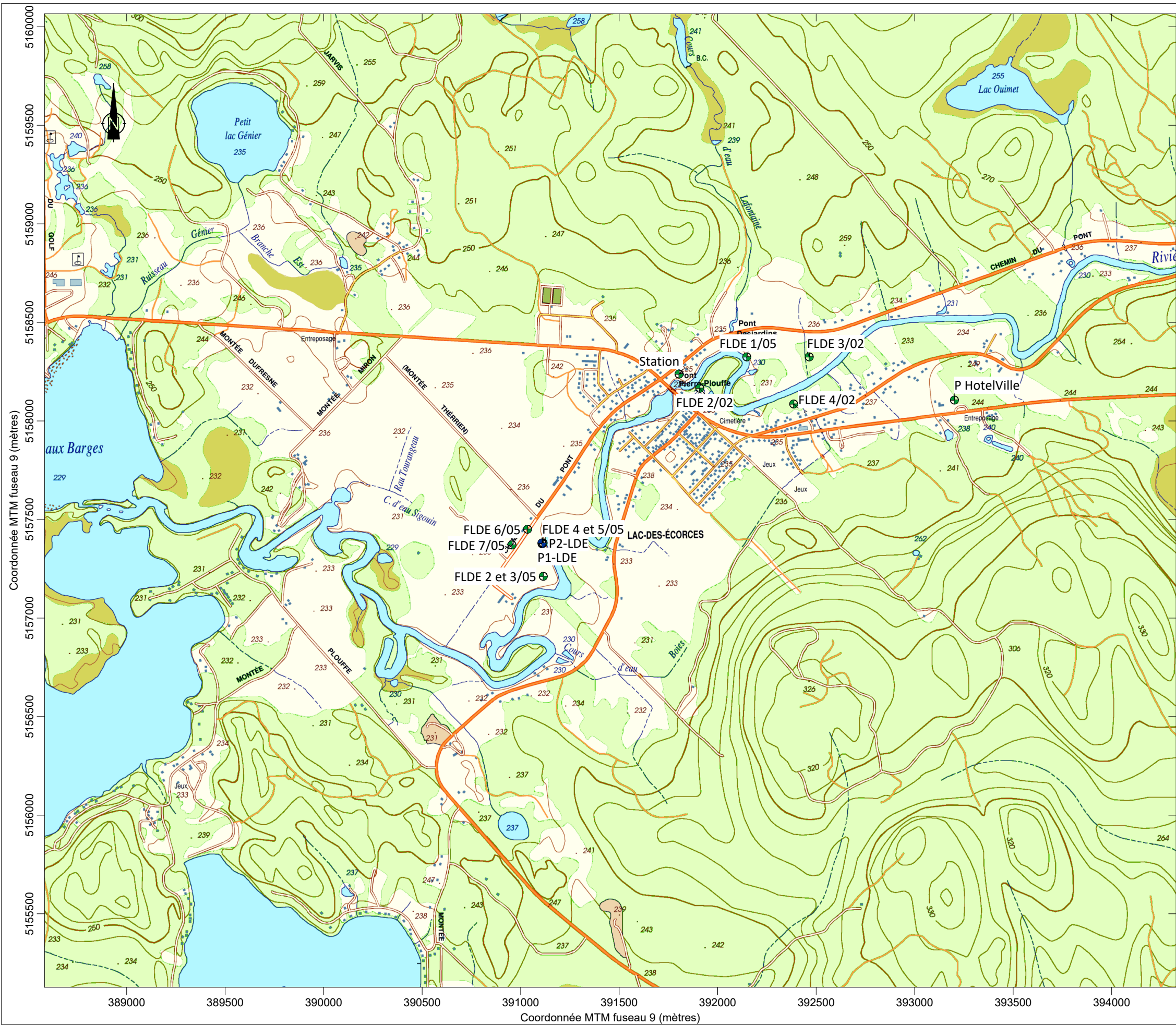
Date

**Juin 2020**

Échelle

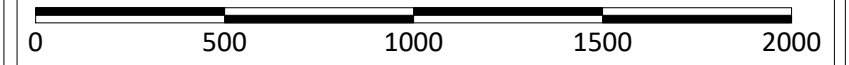
**1 : 50 000**



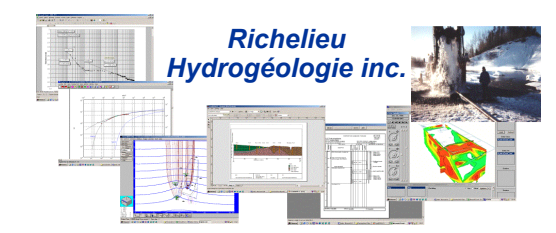


**Légende**

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



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



Titre	
<b>FIGURE 2 : EXTRAIT DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE À L'ÉCHELLE 1 : 20 000</b>	
Projet	
<b>MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N<sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2</b>	
Interprétation et dessin	
<b>Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue</b>	
Date	Échelle
Juin 2020	1 : 20 000





Légende



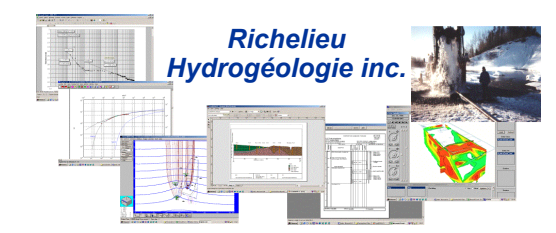
-  Installation de prélèvement d'eau souterraine
-  Puits d'observation utilisés dans le cadre de l'étude

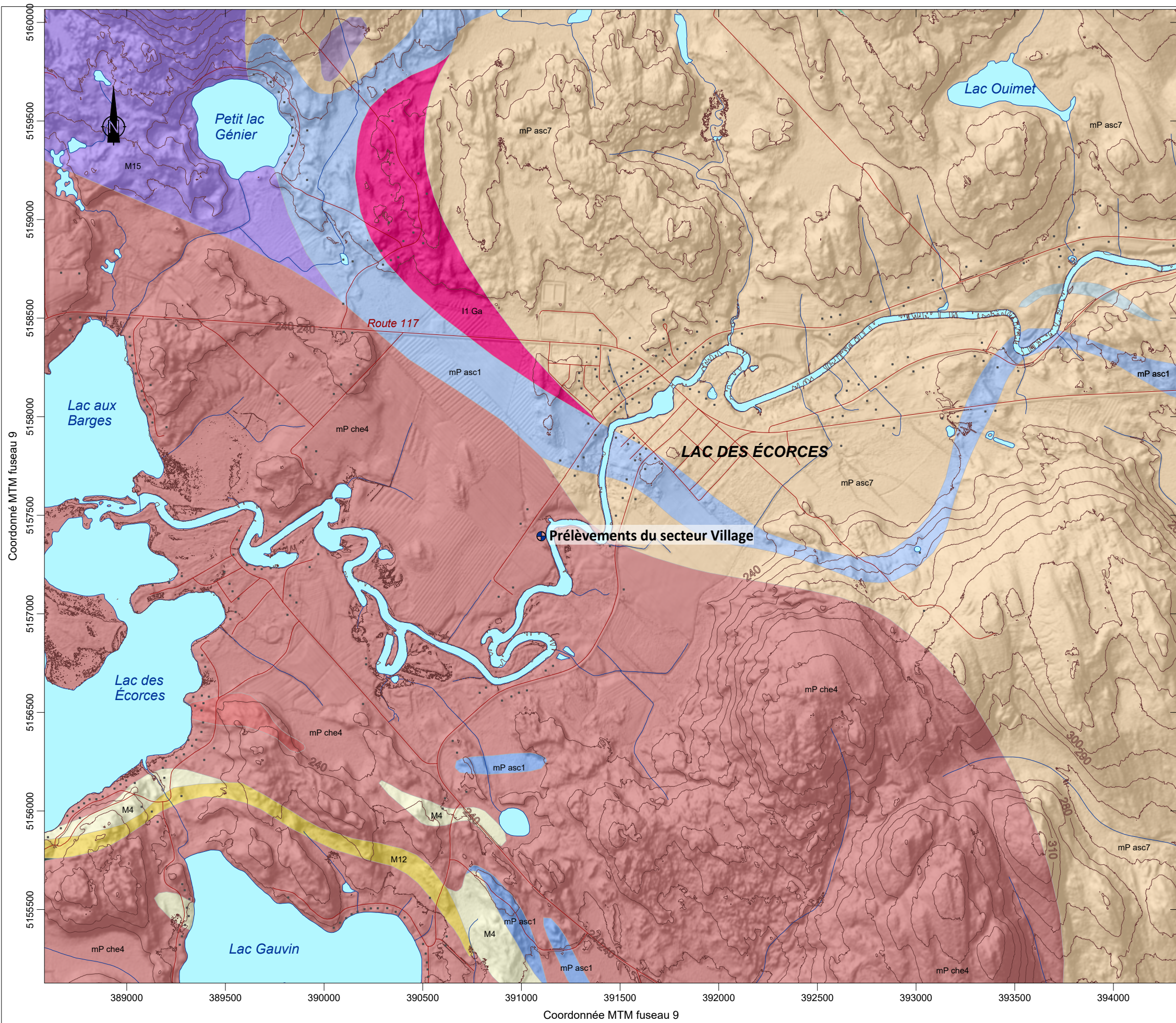


Image en date du 29/9/2019 tirée de Google Earth



<p><b>FIGURE 3 : IMAGERIE SATELLITAIRE</b></p>	
<p>Projet</p> <p style="text-align: center;"><b>MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N<sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2</b></p>	
<p>Interprétation et dessin</p> <p style="text-align: center;"><b>Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue</b></p>	
<p>Date</p> <p style="text-align: center;"><b>Juin 2020</b></p>	<p>Échelle</p> <p style="text-align: center;"><b>1 : 10 000</b></p>











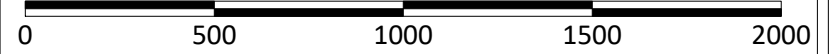


Coordonné MTM fuseau 9

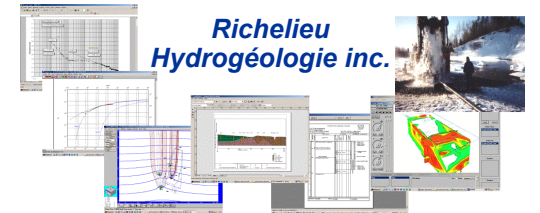
Coordonnée MTM fuseau 9

**Légende**

-  Prélèvements d'eau souterraine
-  mP che4 Suite intrusive de Chevreuil : monzonite quartzifère, monzonite et monzogranite
-  mP asc7 Suite supracrustale de l'Ascension : Paragneiss gris ou rouille
-  mP asc1 Suite supracrustale de l'Ascension : Marbre calcitique
-  M4 Paragneiss
-  M12 Quartzite
-  M15 Roche métasomatique blanche ou rouille
-  I1 Ga Pegmatite à quartz et feldspath

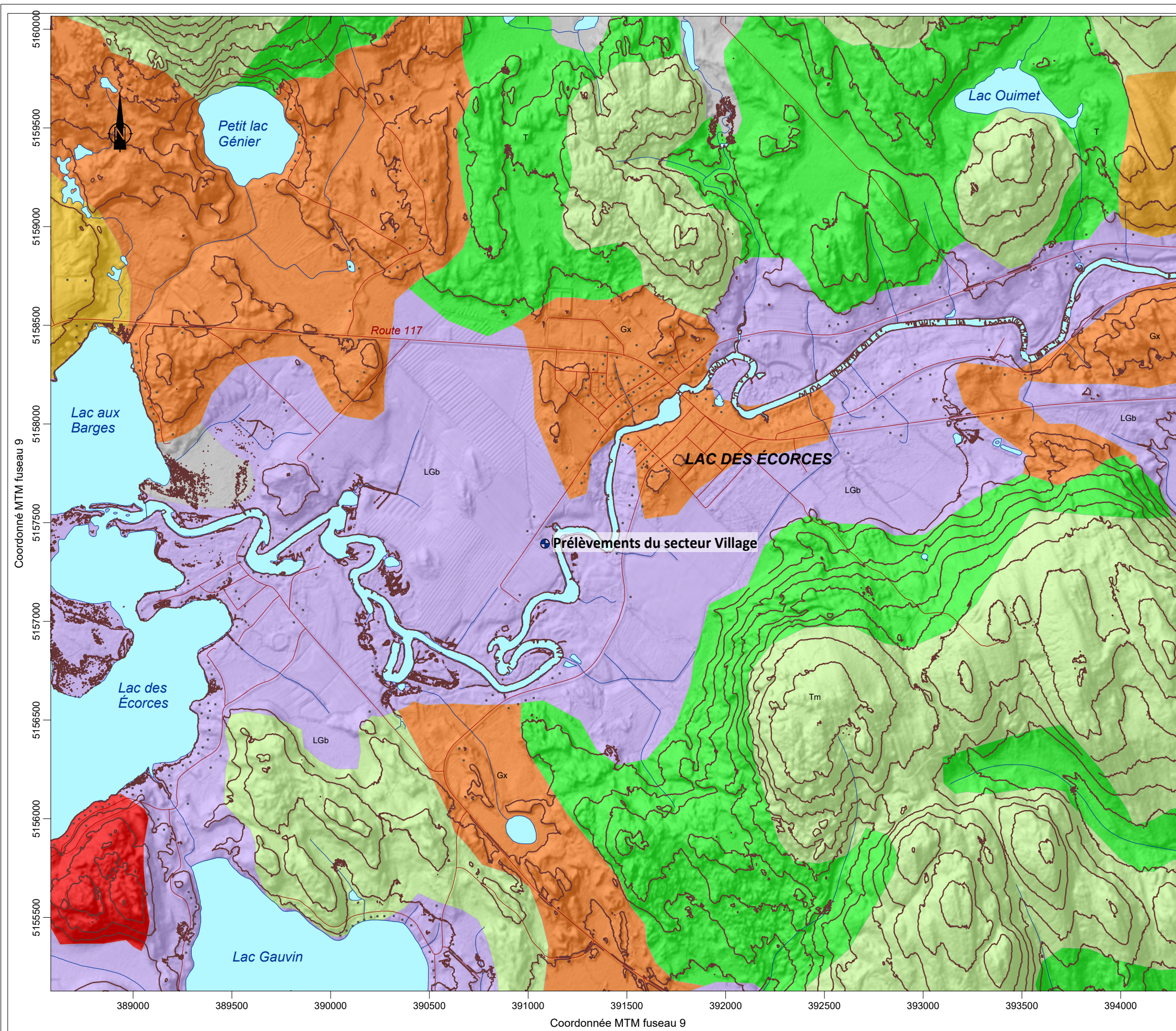


Réseaux routiers et hydrographiques: CANVEC  
 Modèle numérique d'altitude: LIDAR, MERN Québec  
 Géologie: SIGEOM, feuillet 31J11, MERN Québec











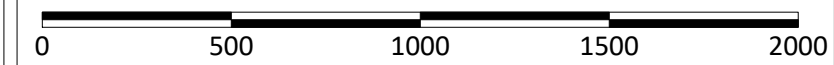
Titre	
<b>FIGURE 4 : EXTRAIT DE LA CARTE GÉOLOGIQUE</b>	
Projet	
<b>MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE        RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE        POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N<sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2</b>	
Interprétation et dessin	
<b>Yves Leblanc, ing. géo.        M.Sc. Hydrogéologue</b>	
Date	Échelle
Juin 2020	1 : 20 000



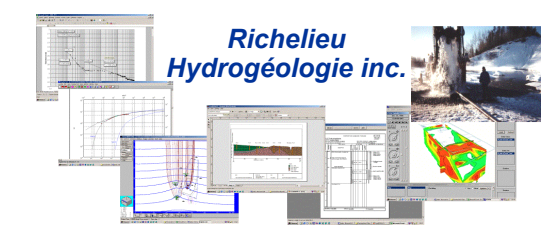


**Légende**

-  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

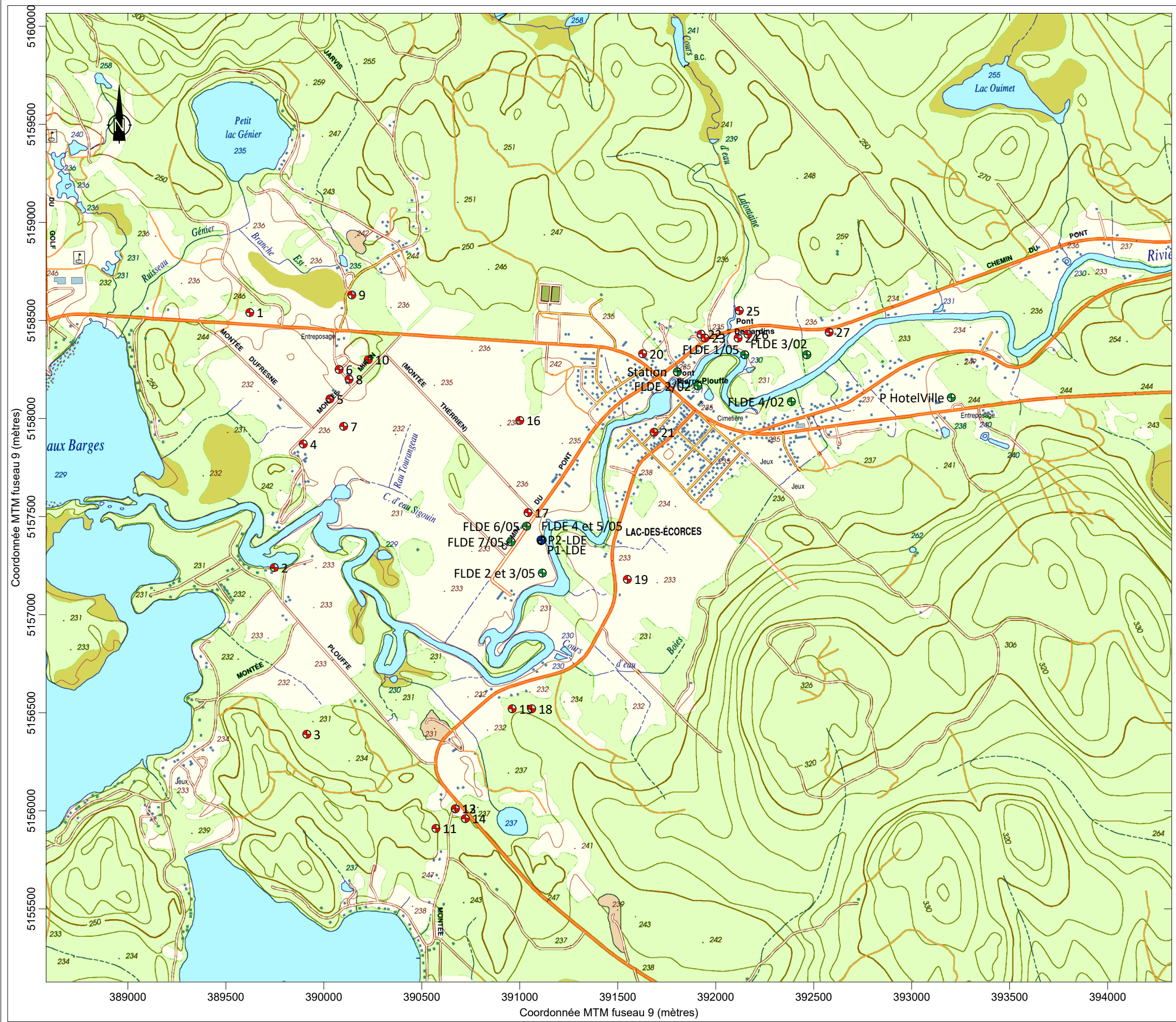


Réseaux routiers et hydrographiques: CANVEC  
 Modèle numérique d'altitude : LIDAR, MERN Québec  
 Géologie : Service des inventaires forestiers, feuillet 31J11, MERN Québec






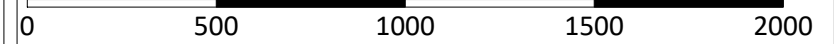
<b>FIGURE 5 : EXTRAIT DE LA CARTE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES</b>	
<b>MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE</b> <b>RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE</b> <b>POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N<sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2</b>	
Interprétation et dessin	
<b>Yves Leblanc, ing. géo.</b> <b>M.Sc. Hydrogéologue</b>	
Date	Échelle
Juin 2020	1 : 20 000



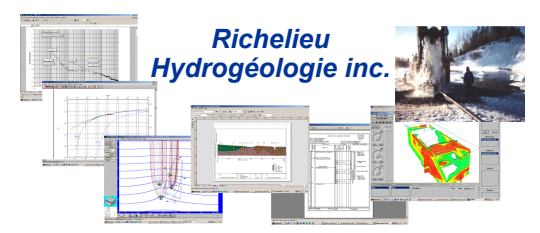


**Légende**

-  Prélèvement d'eau souterraine
-  Piézomètre aménagé dans le cadre d'une étude antérieure
-  Puits ou forage inventorié dans le SIH



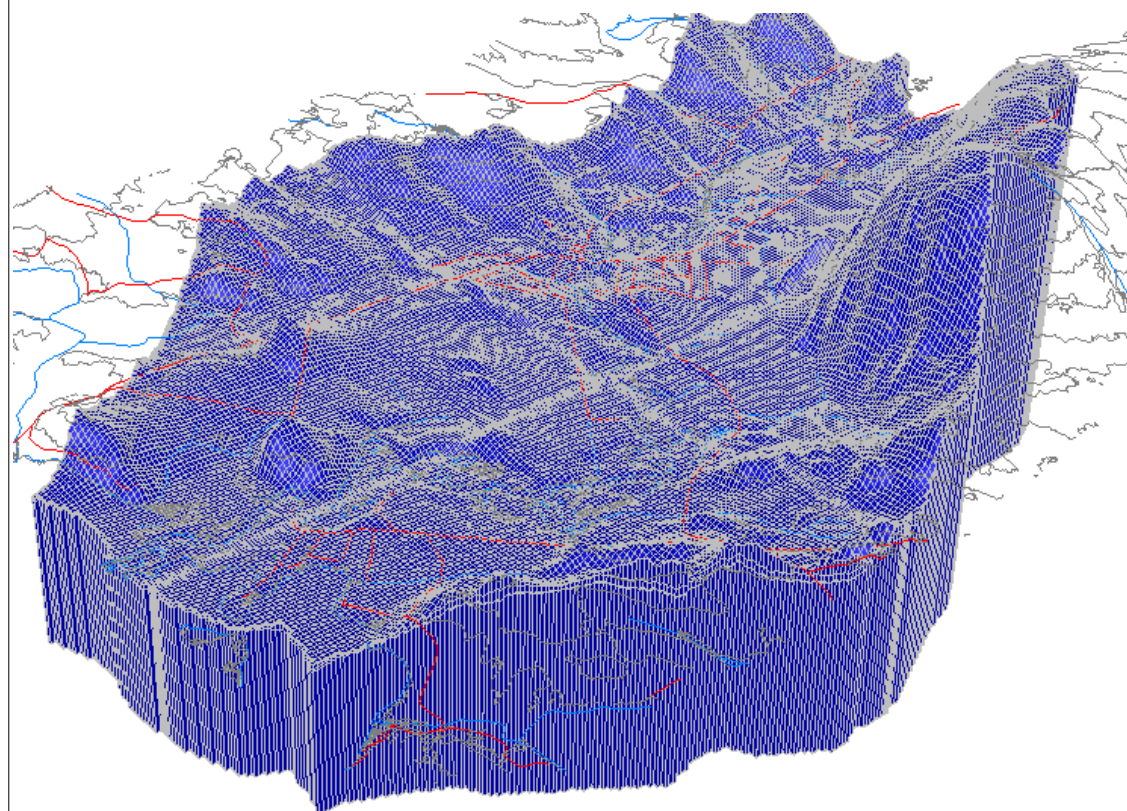
Carte topographique tirée de Ressources Naturelles Québec  
feuillelet 31J11-101



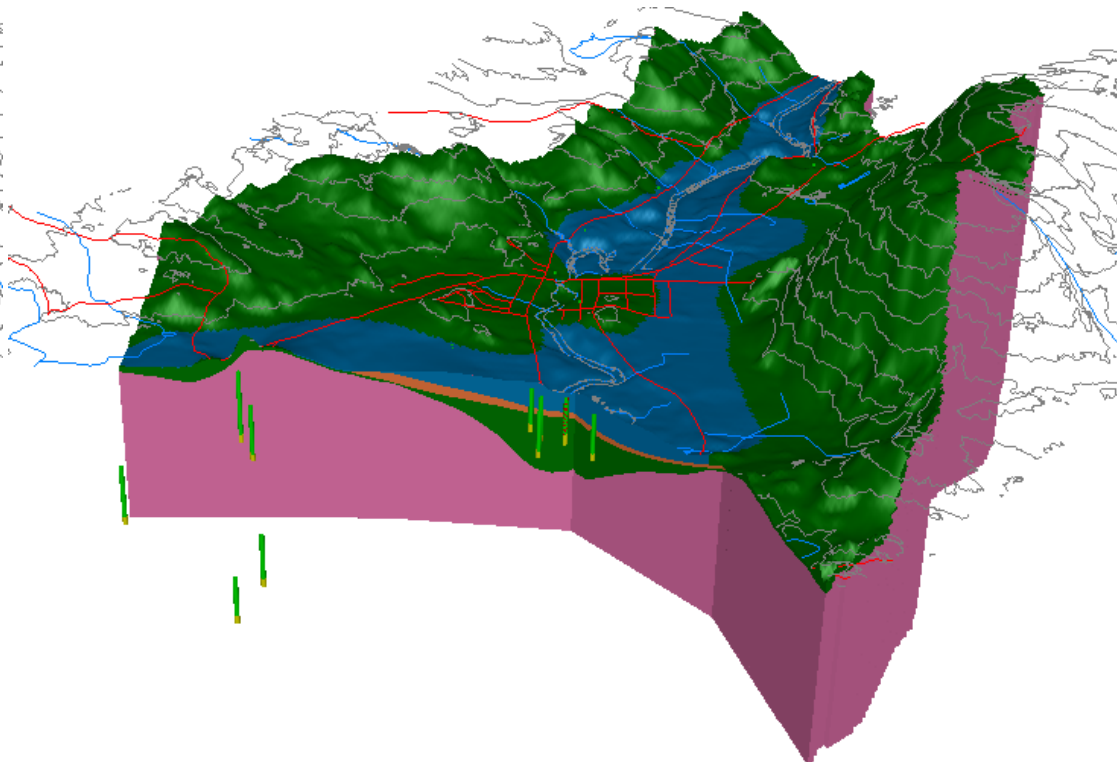
Titre	
<b>FIGURE 6 : POINTS DE MESURE DE LA NAPPE D'EAU SOUTERRAINE</b>	
Projet	
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N <sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2	
Interprétation et dessin	
Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue	
Date	Echelle
Juin 2020	1 : 20 000



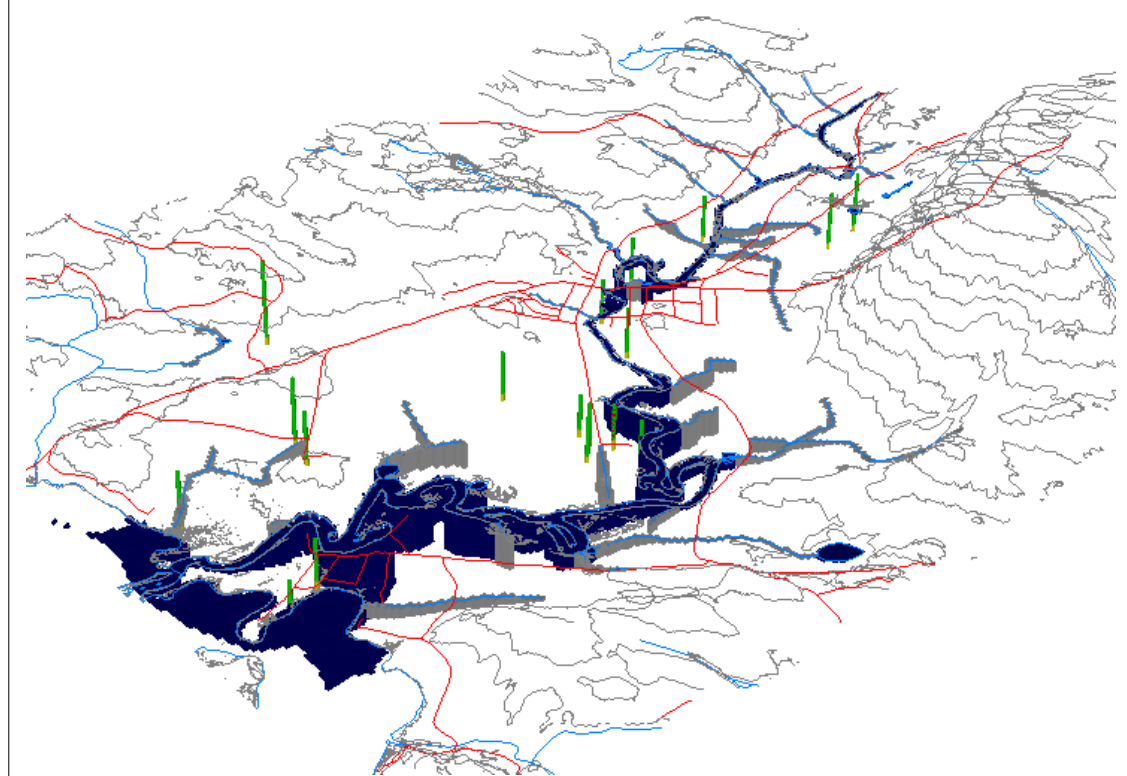
A) Grille du modèle numérique



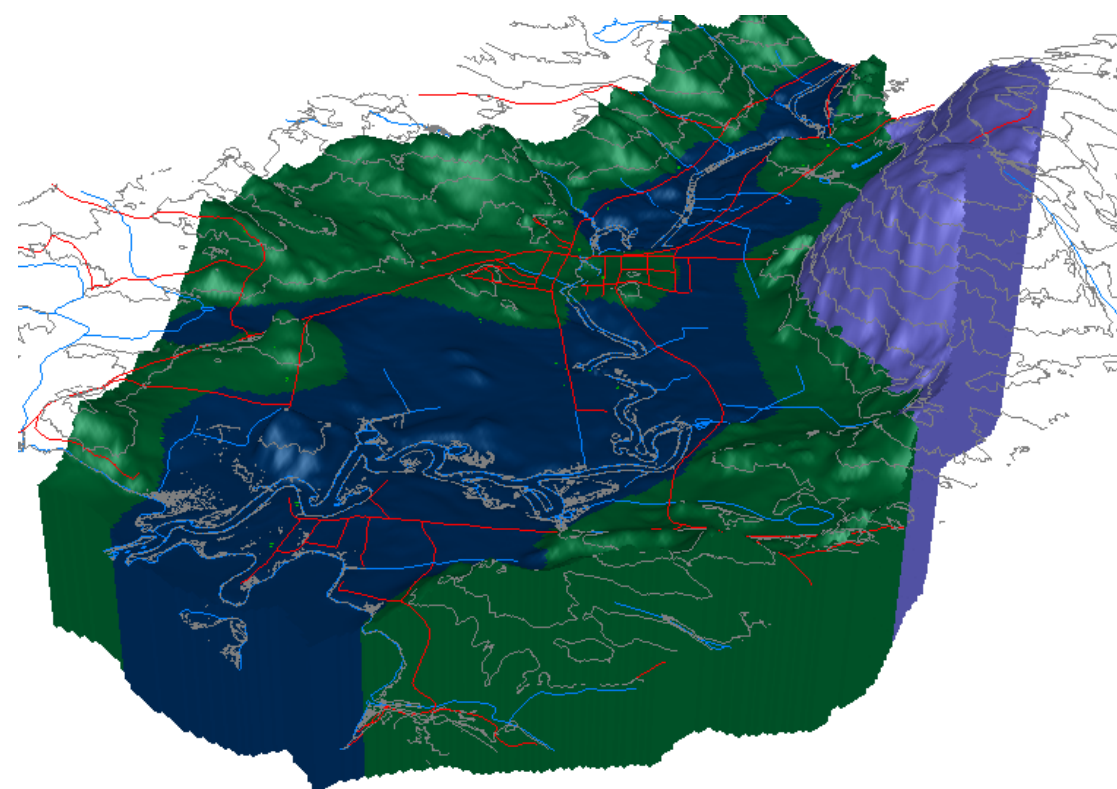
B) Propriétés hydrogéologiques



C) Conditions limites







D) Conditions limites de recharge





Légende

Unités hydrostratigraphiques

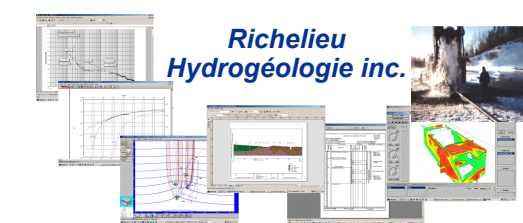
	Socle rocheux	$K = 1,0 \times 10^{-5}$ cm/sec
	Till	$K = 1,0 \times 10^{-4}$ cm/sec
	Sédiments fluvio-glaciaires	$K = 1,0 \times 10^{-1}$ cm/sec
	Sédiments fins	$K = 1,0 \times 10^{-6}$ cm/sec

Conditions limites

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

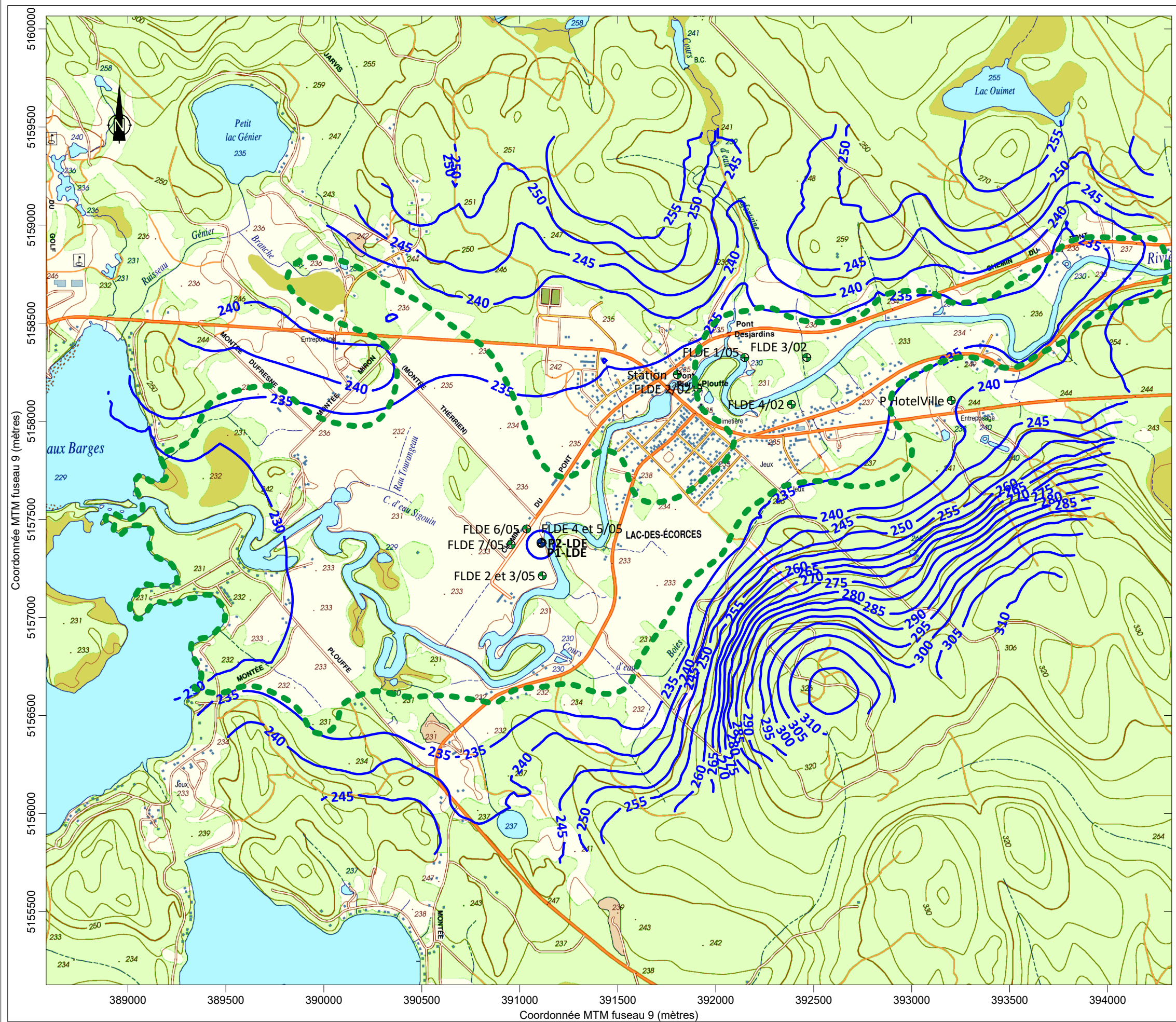
Conditions limites de recharge

	325 mm/an
	225 mm/an
	25 mm/an






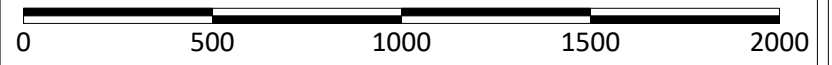
Titre	
FIGURE 7: DESCRIPTION DU MODÈLE NUMÉRIQUE D'ÉCOULEMENT	
Projet	
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N <sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2	
Interprétation et dessin	
Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue	
Date	Échelle
Juin 2020	Aucune



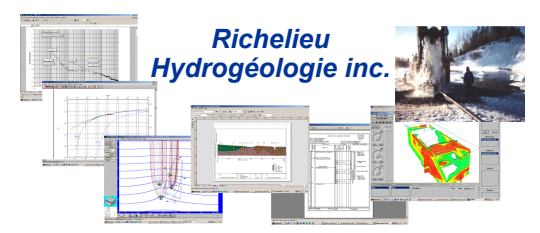


Légende

-  Puits
-  Courbe isopièze (à tous les 0,5 m)
-  Limites de l'aquifère granulaire

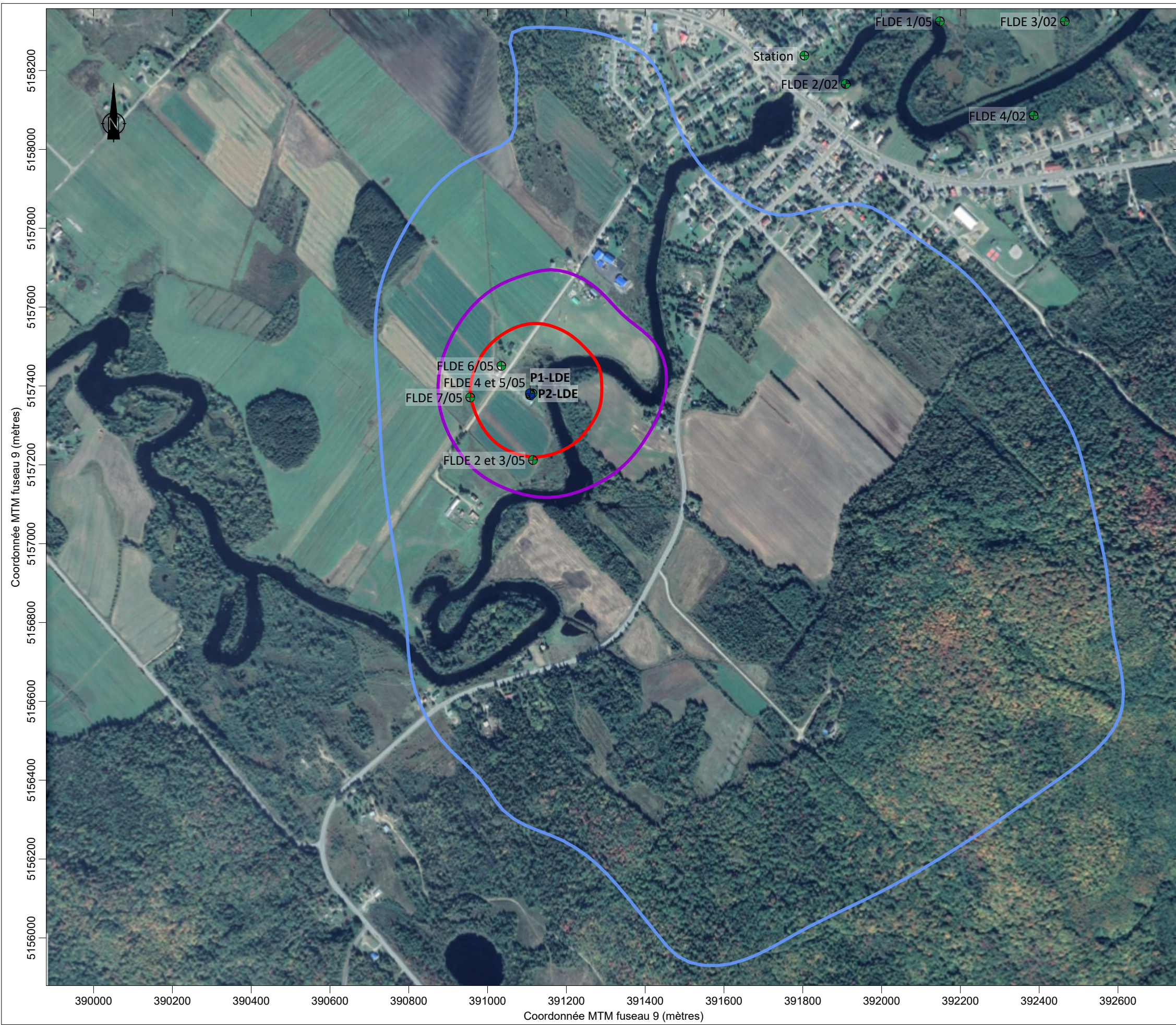


Carte topographique tirée de Ressources Naturelles Québec  
feuillelet 31J11-101



Titre	
FIGURE 8: PIÉZOMÉTRIE MODÉLISÉE AVEC UN PRÉLÈVEMENT DE 455 M <sup>3</sup> /JOUR	
Projet	
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N <sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2	
Interprétation et dessin	
Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue	
Date	Échelle
Juin 2020	1 : 18 000





Légende






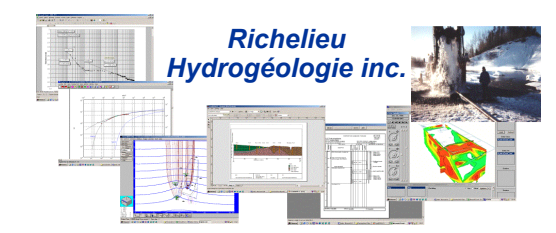
-  Installation de prélèvement d'eau souterraine
-  Puits d'observation utilisés dans le cadre de l'étude
-  Aire de protection intermédiaire bactériologique
-  Aire de protection intermédiaire virologique
-  Aire de protection éloignée

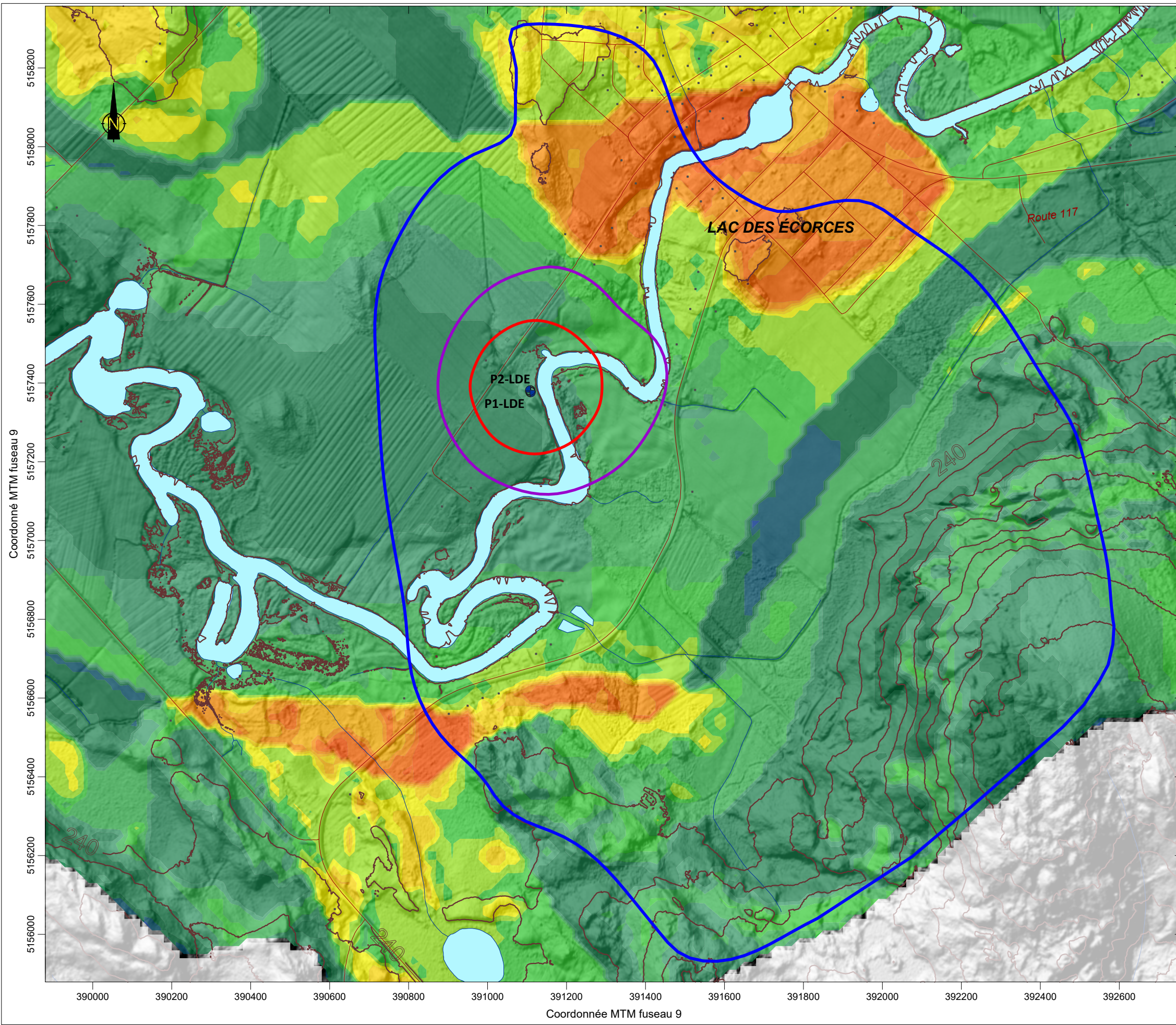


Image en date du 29/9/2019 tirée de Google Earth



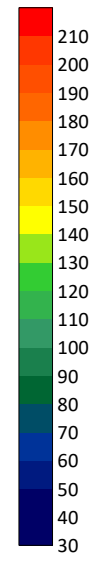
Titre	
<b>FIGURE 9 : AIRES DE PROTECTION INTERMÉDIAIRE ET ÉLOIGNÉE</b>	
Projet	
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N <sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2	
Interprétation et dessin	
Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue	
Date	Échelle
Juin 2020	1 : 10 000





**Légende**

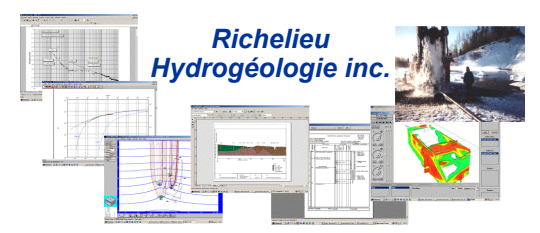
Indice de vulnérabilité DRASTIC



- 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	
<b>FIGURE 10 : INDICE DE VULNÉRABILITÉ DRASTIC</b>	
Projet	
<b>MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N<sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2</b>	
Interprétation et dessin	
Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env. Analyste en géomatique	Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue
Date	Échelle
Juin 2020	1 : 10 000



**MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES – SECTEUR VILLAGE  
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ  
PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE NOS X0009286-1 ET -2**

**ANNEXE 2 : INVENTAIRE DES PUITES ET FORAGES DANS LE SIH**



Recherche dans le SIH dans un rayon de 1,5 km autour du point 46° 33' 1,8" Nord et 75° 22' 20,15" 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	389622	5158540	GILLES DUFRESNE	Inconnu	12,8	12,8	Inconnu	1979-10-03	Inconnu	30	6,4	SABL/BLO	4,6	ARGL	1,8	GRAV				
2	389747	5157240	JEAN MARIE DAOUST	Inconnu	61,3	35,1	Inconnu	1980-06-05	Inconnu	2,7	0,6	TERR	34,4	ARGL	26,2	ROCH				
3	389913	5156390	PAUL GOVALYK	Inconnu	31,7	31,7	Inconnu	1983-12-13	Inconnu	26,4	0,6	TERR	7,6	ARGL	21	SABL	2,4	GRAV		
4	389895	5157870	JEAN-GUY BOUCHER (PUITS RATE)	Inconnu	97,8	11,9	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	11,3	TERR	86,6	GRGN						
5	390031	5158100	ANDRE MIRON	Inconnu	62,5	21,9	-6,1	1966-11-18	4	13,6	6,1	SABL	56,4	ROCH						
6	390078	5158250	JEAN GUY BOUCHER	Inconnu	60	2,1	-3,05	1978-08-12	Inconnu	9,1	1,5	SABL	58,5	ROCH						
7	390101	5157960	Diane Dufresne	162 montée Miron	67,1	4,6	Inconnu	2016-09-12	0,7	19,7	22,9	PUIT EXIS	44,2	ROCH						
8	390129	5158200	AUREL DUFRESNE	Inconnu	21,9	4,3	Inconnu	1982-09-09	1	15	0,6	TERR	3	SABL/BLO	18,3	ROCH				
9	390143	5158630	Francis Desjardins	315 Montee Jarvis	54,9	34,1	Inconnu	2012-09-14	2,5	11,4	24,4	ARGL_PASSANTA_SABL	9,1	ARGL_PASSANTA_GRAV	21,3	ROCH				
10	390227	5158300	DANIEL PRUD'HOMME	115 BOUL, SAINT-FRANCOIS	106,7	4,3	Inconnu	1990-10-26	Inconnu	7,6	2,1	SABL/BLO	104,6	GRGN						
11	390572	5155910	JEAN-ROBERT PAPINEAU	182 MTEE FOISY	109,8	5,8	Inconnu	1992-06-08	1	22,7	0,6	TERR	3,4	SABL/BLO	105,8	ROCH				
12	390671	5156010	JULES FORGET	179 R,R,2 LAC DES LABELLE	76,22	4,6	Inconnu	1988-07-30	Inconnu	37,8	0,6	TERR	2,4	SABL/BLO	73,2	ROCH				
13	390671	5156010	Inconnu	Inconnu	76,2	4,6	Inconnu	1988-07-13	1	37,8	0,6	TERR	2,4	SABL/BLO	73,2	ROCH				
14	390722	5155960	GAETAN GUY	390 DE LA MADORE	36,6	3	Inconnu	1992-07-06	1	53	0,6	TERR	0,6	ARGL	35,4	ROCH				
15	390961	5156520	JACQUES MILLOT	Inconnu	15,8	8,5	Inconnu	1983-10-11	Inconnu	75,5	0,6	TERR	6,1	ARGL	1,2	SABL	7,9	ROCH		
16	391000	5157990	Armand L'Heureux	97 chemin Lac Genier	42,7	7	-4,57	2015-04-02	1	45,5	5,5	GRAV	37,2	ROCH						
17	391042	5157520	LOUIS ROGER RICHER	Inconnu	70,1	52,4	-4,57	1966-11-30	6	22,7	51,8	SABL_AVEC_GRAV	18,3	ROCH						
18	391061	5156520	REAL ST ARNOUR	Inconnu	75,3	1,8	Inconnu	1982-08-05	1	22,7	0,9	TERR	74,4	ROCH						
19	391549	5157180	VAL MOR MEILLEUR	Inconnu	21,3	13,4	Inconnu	1977-08-03	Inconnu	13,6	13,4	ARGL	7,9	ROCH						
20	391627	5158330	GERARD LATREILLE	341 MTEE JARVIS	111,3	6,7	-16,77	1996-12-08	1	4,5	6,7	DEPO	104,6	ROCH						
21	391685	5157930	AUREL DUFRENE	Inconnu	19,8	4,9	-4,27	1979-06-04	1	15	4,9	DEPO_AVEC_SABL/BLO	14,9	ROCH						
22	391925	5158430	PIERRETTE MANTHA	260 RANG 1 NORD-OUEST	91,5	12,2	Inconnu	2001-05-03	1	378,8	0,6	TERR	6,1	ARGL	3	SABL/BLO	1,5	ARGL/BLO	80,2	ROCH
23	391945	5158410	Linda Lanctot	727 du Pont	36,6	7,3	-7,62	2012-10-03	0,5	75,8	3	SABL_PASSANTA_GRAV	33,5	ROCH						
24	392114	5158410	Stephane De Sylva	572 du Pont Est	30,5	8,2	Inconnu	2008-11-11	0,8	45,5	4,9	ARGL	1,5	GRAV_AVEC_SABL	24,1	ROCH				
25	392120	5158550	Nick Massy	573 chemin du pont	61	10,7	Inconnu	2012-09-17	2	45,5	6,1	ARGL	2,1	ARGL_PASSANTA_GRAV	52,7	ROCH				
26	392164	5158430	Jessy Desjardins	578 ch du Pont	54,9	12,2	-4,57	2011-07-05	0,7	34,1	5,5	ARGL_AVEC_SABL	3,4	GRAV_AVEC_SABL	46	ROCH				
27	392579	5158440	Michel Thibault	301 rang 1 N,O	42,7	24,4	-9,15	2007-10-15	0,8	68,2	1,5	SABL	18,3	ARGL_AVEC_BLOC	2,4	GRAV	20	ROCH		

**MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES – SECTEUR VILLAGE  
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ  
PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE NOS X0009286-1 ET -2**

**ANNEXE 3 : SCHÉMAS D'AMÉNAGEMENT**

Municipalité de Lac-des-Écorces  
Croquis du puits P.E. 1-05

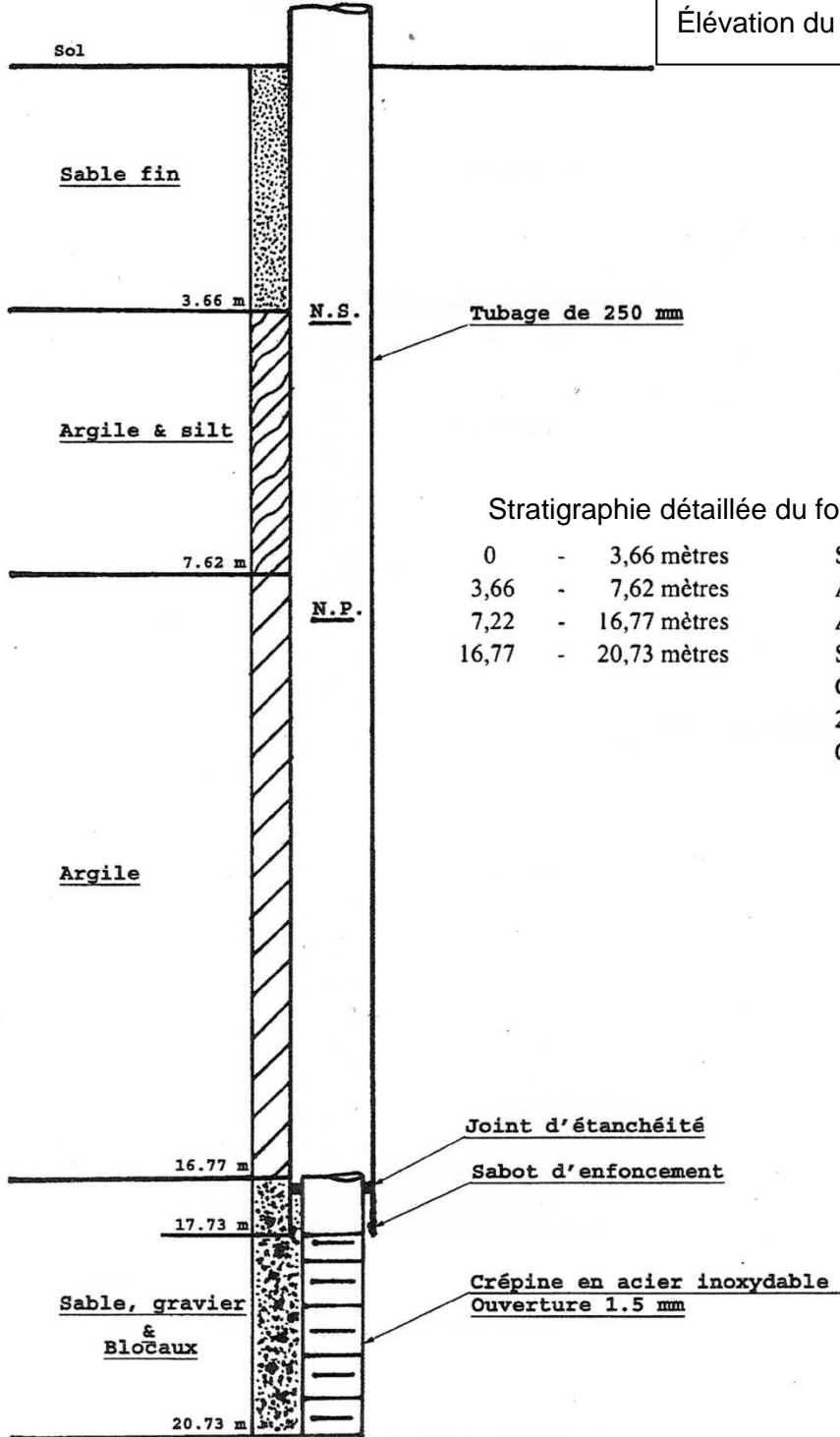
**PUITS P1-LDE**

Coordonnées, MTM, NAD83, fuseau 9

391 109 m Est

5 157 377 m Nord

Élévation du sol : 233,46 m



Stratigraphie détaillée du forage

0	-	3,66 mètres	Sable fin
3,66	-	7,62 mètres	Argile et silt
7,22	-	16,77 mètres	Argile
16,77	-	20,73 mètres	Sable, gravier et blocaux
			Crépine télescopique entre 17,73 et 20,73 mètres
			Q ≅ 440 guspm



Municipalité de Lac-des-Écorces  
Croquis du puits de 200 mm

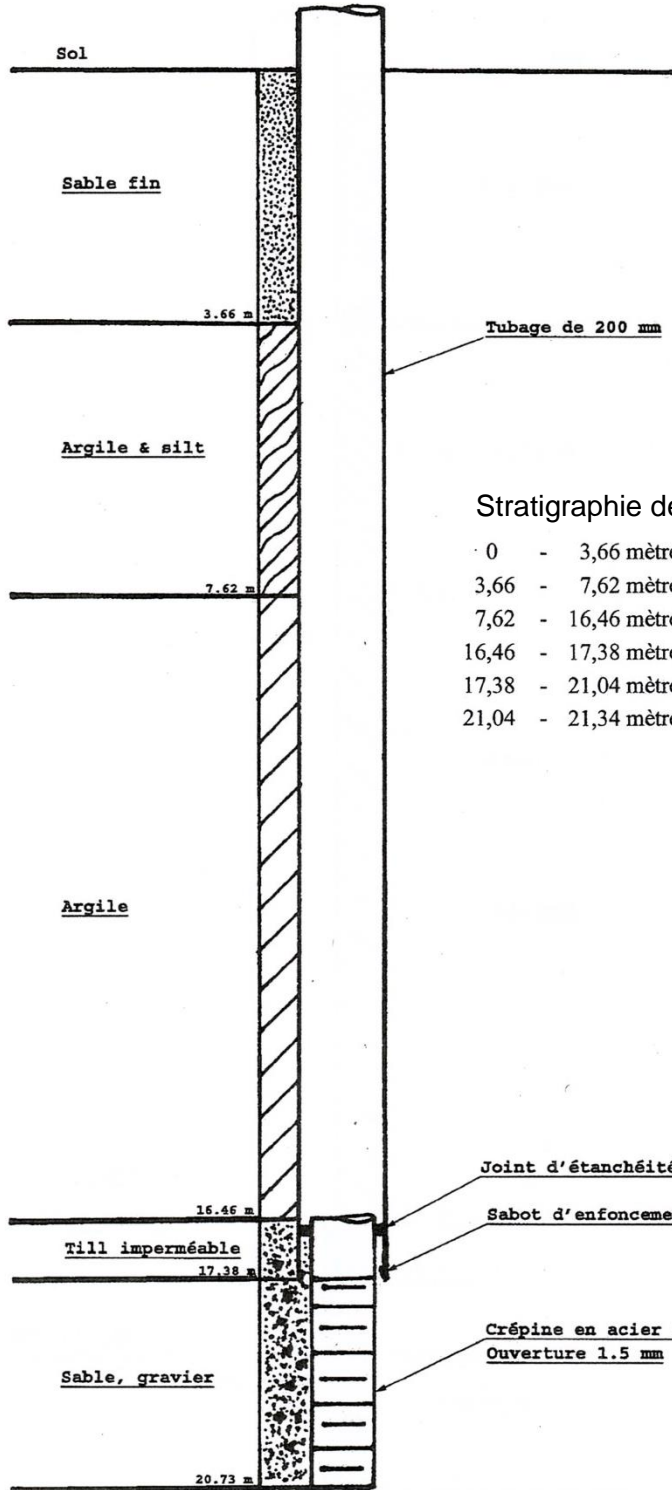
**PUITS P2-LDE**

Coordonnées, MTM, NAD83, fuseau 9

391 108 m Est

5 157 381 m Nord

Élévation du sol : 233,67 m



Stratigraphie détaillée du forage

0 - 3,66 mètres	Sable fin à moyen (brun)
3,66 - 7,62 mètres	Silt argileux
7,62 - 16,46 mètres	Argile
16,46 - 17,38 mètres	Gravier dans une matrice de silt argileux
17,38 - 21,04 mètres	Gravier moyen et sable moyen
21,04 - 21,34 mètres	Gravier dans une matrice de sable fin silteux

Municipalité de Lac-des-Écorces  
Croquis du puits de 150 mm

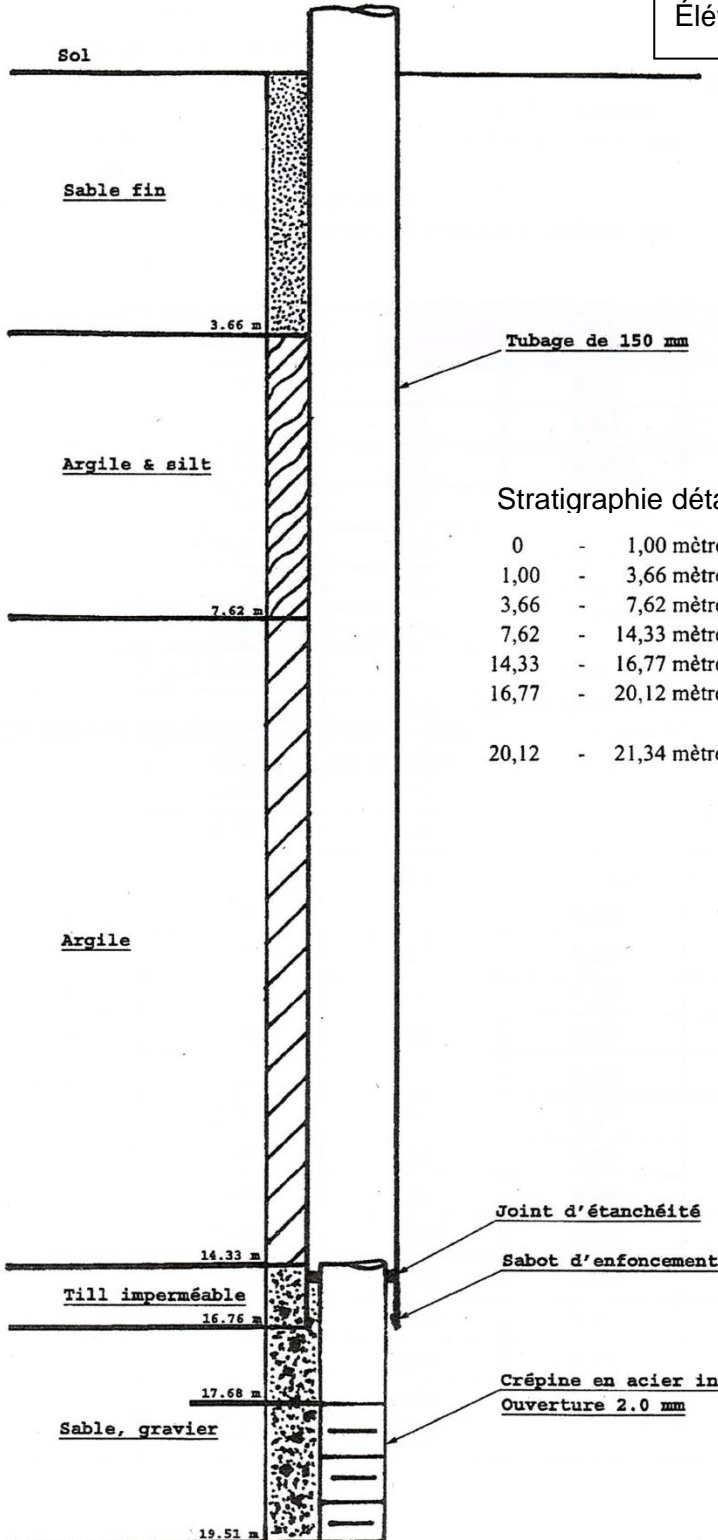
**FORAGE FLDE 5/05**

Coordonnées, MTM, NAD83, fuseau 9

391 114 m Est

5 157 381 m Nord

Élévation du sol : 233,51 m



**Stratigraphie détaillée du forage**

0	-	1,00 mètre	Silt argileux
1,00	-	3,66 mètres	Sable fin à moyen
3,66	-	7,62 mètres	Silt argileux
7,62	-	14,33 mètres	Argile
14,33	-	16,77 mètres	Gravier dans une matrice de silt argileux
16,77	-	20,12 mètres	Sable moyen à grossier, gravier (Beaucoup d'eau)
20,12	-	21,34 mètres	Sable, gravier, blocaux dans une matrice de silt argileux
			Crépine télescopique entre 17,68 et 19,51 mètres
			Q $\approx$ 500 guspm

**MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES – SECTEUR VILLAGE  
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ  
PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE NOS X0009286-1 ET -2**

**ANNEXE 4 : DONNÉES DE QUALITÉ DE L'EAU**



Suivi des paramètres physico-chimiques à l'eau traitée à Lac-des-Écorces depuis 2015

Paramètres	Valeur maximale (RQEP ou rec.)	#334412	#377957	#404289	#422730	#464418	#516362
Date de l'échantillonnage		13-juil-15	25-juil-16	21-mars-17	01-août-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	<0,02	0,0077		0,0099	0,0095	0,0122
Bore (mg/L)	5	<0,05	<0,006		0,007	<0,01	<0,01
Cadmium (mg/L)	0,005	<0,001	<0,00005		<0,00005	0,00008	<0,00005
Chrome total (mg/L)	0,05	<0,005	<0,0005		<0,0005	<0,0006	0,0011
Cyanures (mg/L)	0,2	<0,02	<0,005		<0,001	0,007	0,001
Fluorures (mg/L)	1,5	0,22	0,23		0,23	0,26	0,21
Mercuré (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
Carbone organique total (mg/L)				4,1			

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)	pH (client)
-	10-févr-2015	<0,12	<0,04	7,3
326032	11-mai-2015	-	<0,04	7,2
340526	18-août-2015	<0,12	<0,04	7,27
350384	09-nov-2015	<0,12	<0,04	7,04
357144	02-févr-2016	<0,12	<0,04	7,68
365988	09-mai-2016	<0,12	<0,04	-
380766	09-août-2019	<0,12	<0,04	-
394162	22-nov-2016	-	<0,04	-
400507	06-févr-2017	<0,12	<0,04	-
408016	01-mai-2017	<0,12	<0,04	-
422728	01-août-2017	<0,12	<0,04	-
437250	07-nov-2017	<0,12	<0,04	-
445488	06-févr-2018	0,15	<0,04	-
455386	09-mai-2018	0,25	0,38	-
470913	06-août-2018	<0,12	<0,04	-
485830	06-nov-2018	<0,12	<0,04	-
494331	04-févr-2019	<0,12	<0,04	-
504915	07-mai-2019	<0,12	<0,04	-

## Suivi des THM à l'eau traitée à Lac-des-Écorces depuis 2015

Date	Certificat	Trihalométhanes totaux					Localisation	Méthode
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l		
Analyses de mai 2015	293525	46	1	<1	45	<1	garage Pelland	STL SOP-00145) st16 a
11-mai-15	299680	35	1	<1	34	<1	Pelland	(STL SOP-00145) st16 a
18-août-15	311907	55	2	<1	53	<1	rue Industrielle	(STL SOP-00145) st16 a
09-nov-15	320137	69	2	<1	67	<1	garage Pelland	(STL SOP-00145) st16 a
01-févr-16	326203	46,6	1,7	<0,3	44,9	<0,3	rue Industrielle	(M-COV-1.0) st33 a
08-févr-16	326804	49,3	1,5	<0,3	47,8	<0,3	patinoire	(M-COV-1.0) st33 a
19-sept-16	350601	<b>82,2</b>	2	<0,3	80,2	<0,3	rue Industrielle	<b>(M-COV-1.0) a st5</b>
22-nov-16	356509	<b>146</b>	4,1	<0,3	142	<0,3	Pelland	<b>(M-COV-1.0) a st5</b>
03-janv-17	359434	<b>95,4</b>	2,3	<0,3	93,1	<0,3	rue Industrielle	<b>(M-COV-1.0) a st5</b>
20-févr-17	362914	40,2	2,1	<0,3	38,6	<0,3	rue Industrielle	(M-COV-1.0) a st5
20-févr-17	362913	36,8	1,8	<0,3	35	<0,3	Dépanneur Lacelle	(M-COV-1.0) a st5
09-mai-17	369258	33,3	2	<0,3	31,3	<0,3	Pelland	(M-COV-1.0) a st5
01-août-17	379840	71	3	<1	68	<1	Pelland	(STL SOP-00145) a st1
07-nov-17	391116	<b>109</b>	3,4	<0,3	106	<0,3	garage Pelland	<b>(M-COV-1.0) a st5</b>
28-nov-17	392930	51,5	2	<0,3	49,4	<0,3	extrémité	(M-COV-1.0) a st5
09-janv-18	395824	55	2	<1	53	<1	garage Pelland	STL SOP-00145) a st1
09-mai-18	406821	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	patinoire	(M-COV-1.0) a 2
30-juil-18	418162	46	2	<1	44	<1	patinoire	(STL SOP-00145) a
04-sept-18	423688	<b>93</b>	2,2	<0,3	90,8	<0,3	rue Ind	<b>(M-COV-1.0) a 2</b>
06-nov-18	431481	11	<1	<1	11	<1	étang	(STL SOP-00145) a st1
07-janv-19	436498	<b>83,6</b>	2,7	<0,3	83,6	<0,3	patinoire	<b>(H2Lab-COV-111) a 2</b>
07-mai-19	447738	29	1	<1	28	<1	étang	STL SOP-00145) a st1
03-juil-19	456933	40	1	<1	39	<1	Bloc san Montagne	(STL SOP-00145) a st1
05-nov-19	176101	53	2	<1	51	<1	étang	STL SOP-00145) a st1
07-janv-20	482277	64	3	<1	62	<1	étang	STL SOP-00145) a st1





Suivi des paramètres microbiologiques à l'eau brute à Lac-des-Écorces depuis 2015

Localisation	P1-LDE-LDE	P1-LDE	P2-LDE	P2-LDE	P1-LDE	-	-	-	P1-LDE	P2-LDE
# échantillon	#317369	#327762	#327764	#344361	#355494	#360655	#365984	#376727	#387066	#393612
<b>Date de l'échantillonnage</b>	13 janvier 2015	27 mai 2015	26-mai-15	15-sept-15	11-janv-16	15-mars-16	09-mai-16	18-juil-16	19-sept-16	15-nov-16
<b>Température à la réception</b>	conforme	conforme	conforme	Élevée	conforme	conforme	conforme	conforme	Élevée	conforme
Escherichia coli (100 ml)	0	0	0	0						
Bactéries entérocoques (UFC/100 ml)		0	0		0					
Virus Coliphages F-spécifiques		absence	absence							
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	0	0	0	0	0	0	0	ND	0	0
Bactéries atypiques (UFC/Mem)	0	1	0	49	0	0	0	>200	0	0
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)										
BHAA	0			0		3	0	400	1	1

Localisation	P1-LDE	P2-LDE	-	P1-LDE	P2-LDE	P1-LDE	P2-LDE	P1-LDE	P2-LDE
# échantillon	#398137	#403140	#428958	#443359	#448293	#464423	#476519	#492442	#497501
<b>Date de l'échantillonnage</b>	10-janv-17	07-mars-17	05-sept-17	15-janv-18	06-mars-18	03-juil-18	04-sept-18	14-janv-19	05-mars-19
<b>Température à la réception</b>	conforme	conforme	conforme	conforme	conforme	Élevée	Élevée	conforme	conforme
Escherichia coli (100 ml)									
Bactéries entérocoques (UFC/100 ml)									
Virus Coliphages F-spécifiques									
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bactéries atypiques (UFC/Mem)	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)									
BHAA	1	34	0	1	0	12	0	8	1

Suivi des paramètres organiques à l'eau brute à Lac-des-Écorces en mai 2015

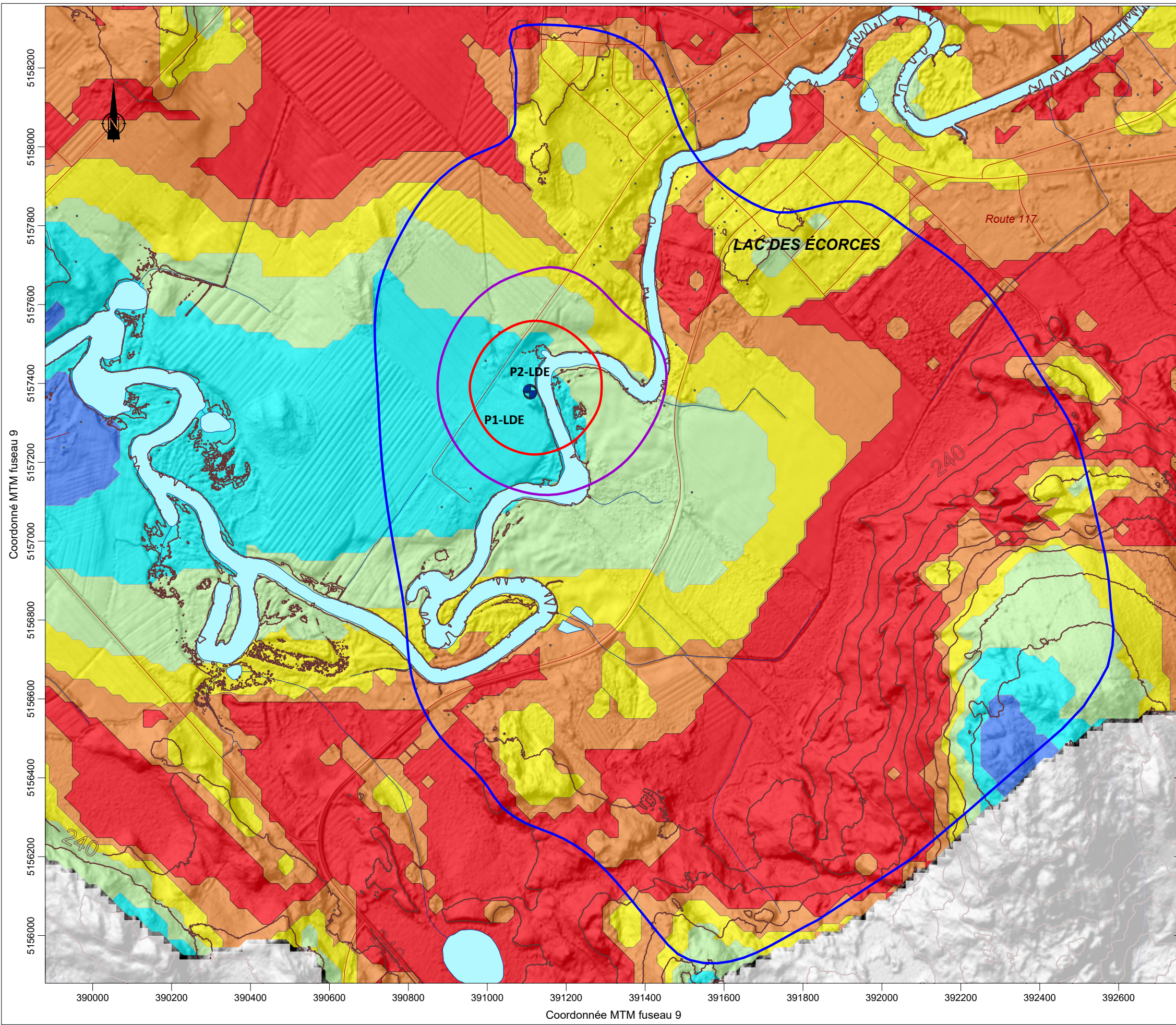
Paramètre	Valeur maximale	P1-LDE #327763	P2-LDE #327765	P1-LDE #562693
<b>Date</b>		mai-05	mai-05	mai-20
<b>Hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>C<sub>50</sub> (mg/L)</b>	-	<100	<100	
<b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques</b>				
Anthracène (ug/L)	-	<0,03	<0,03	
Benzo (b) fluoranthènes		<0,06	<0,06	
Benzo (k) fluoranthènes	-	<0,06	<0,06	
Benzo (a) pyrène (ug/L)	0,01	<0,003	<0,003	<0,003
Dibenzo (a,h) anthracène (ug/L)	-	<0,03	<0,03	
Fluorène (ug/L)	-	<0,03	<0,03	
Indéno (1,2,3 cd) pyrène (ug/L)	-	<0,03	<0,03	
Phénanthrène (ug/L)	-	<0,03	<0,03	
Pyrène (ug/L)	-		<0,03	
<b>BTEX</b>				
Benzène (µg/L)	0,5	<0,2	<0,2	<0,3
Ethylbenzene (µg/L)	2,4	<1	<1	
Toluène (µg/L)	24	<1	<1	
Xylène (o, m, p)	300	<1	<1	
<b>Pesticides de l'annexe 2 du RQEP</b>				
Acide dichloro-2,4 phénoxyacétique (2,4-D) (µg/l)	70	<0,03	<0,03	<0,03
Atrazine et ses métabolites (µg/l)	3,5	<0,3	<0,3	<0,3
Carbaryl (µg/l)	70	<0,2	<0,2	<0,2
Carbofuran (µg/l)	70	<0,2	<0,2	<0,2
Chlorpyrifos (µg/l)	70	<0,2	<0,2	<0,2
Diazinon (µg/l)	14	<0,2	<0,2	<0,2
Dicamba (µg/l)	85	<0,6	<0,6	<0,6
Diquat (µg/l)	50	<15	<15	<10
Diuron (µg/l)	110	<0,3	<0,3	<0,3
Glyphosate (µg/L)	210	<10	<10	<10
Métolachlore (µg/l)	35	<0,2	<0,2	<0,2
Métribuzine (µg/l)	60	<0,2	<0,2	<0,2
Paraquat (en dichlorures) (µg/l)	7	<0,6	<0,6	<0,60
Piclorame (µg/l)	140	<0,06	<0,06	<0,06
Simazine (µg/l)	9	<0,2	<0,2	<0,2
Trifluraline (µg/l)	35	<0,2	<0,2	<0,2
<b>Composés organiques de l'annexe 2 du RQEP</b>				
Chlorure de vinyle (µg/L)	2	<0,2	<0,2	<0,3
1,1-Dichloroéthylène (µg/L)	10	<1	<1	<1,0
1,2-dichlorobenzène (µg/L)	150	<0,2	<0,2	<0,3
1,4-dichlorobenzène (µg/L)	5	<0,2	<0,2	<0,3
1,2-dichloroéthane (µg/L)	5	<0,1	<0,1	<0,3
Dichlorométhane (µg/L)	50	<0,9	<0,9	<0,9
2,4-dichlorophénol (ug/L)	700	<0,3	<0,3	<0,30
Monochlorobenzène (µg/L) - chlorobenzène	60	<0,2	<0,2	<0,3
Pentachlorophénol (ug/L)	42	<0,4	<0,4	<0,40
Tétrachloroéthylène (µg/L)	25	<0,2	<0,2	-
2,3,4,6-tétrachlorophénol (ug/L)	70	<0,4	<0,4	<0,40
Tetrachlorure de carbone (µg/L)	5	<0,2	<0,2	<0,3
2,4,6-trichlorophénol (ug/L)	5	<0,4	<0,4	<0,40
Trichloroéthylène (µg/L)	5	<0,1	<0,1	<0,3



**MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES – SECTEUR VILLAGE  
RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ  
PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE NOS X0009286-1 ET -2**

**ANNEXE 5 : CARTES DE L'INDICE DE VULNÉRABILITÉ DRASTIC**





**Légende**

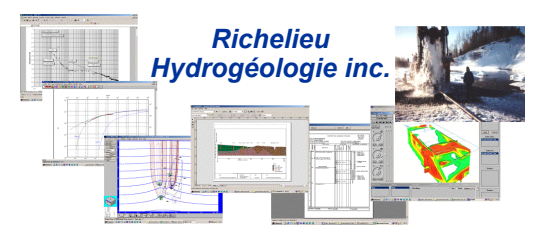
Profondeur de la nappe libre

- Cote 1: > 31 m
- Cote 2: 23 - 31 m
- Cote 3: 15 - 23 m
- Cote 5: 9 - 15 m
- Cote 7: 4.5 - 9 m
- Cote 9: 1.5 - 4.5 m
- Cote 10: < 1.5 m

- 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

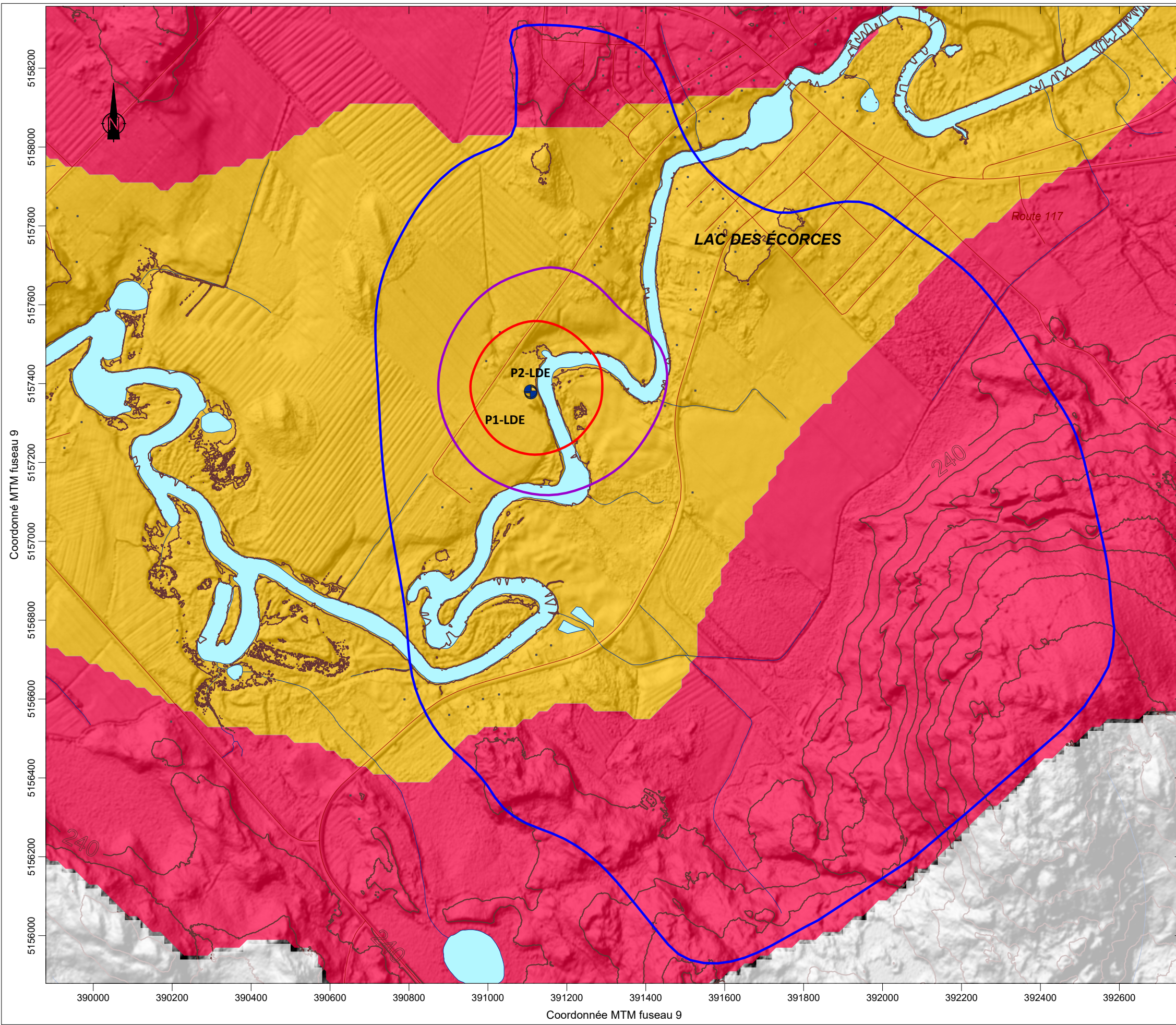


<p><b>ANNEXE 5 : VULNÉRABILITÉ DRASTIC          PARAMÈTRE D          PROFONDEUR DE LA NAPPE</b></p>	
<p>Projet</p> <p style="text-align: center;"><b>MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE          RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE          POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N<sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2</b></p>	
<p>Interprétation et dessin</p> <p>Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env.          Analyste en géomatique</p> <p style="text-align: right;">Yves Leblanc, ing. géo.          M.Sc. Hydrogéologue</p>	
<p>Date</p> <p style="text-align: center;"><b>Juin 2020</b></p>	<p>Échelle</p> <p style="text-align: center;"><b>1 : 10 000</b></p>









Coordonné MTM fuseau 9

390000 390200 390400 390600 390800 391000 391200 391400 391600 391800 392000 392200 392400 392600

Coordonnée MTM fuseau 9

**Légende**

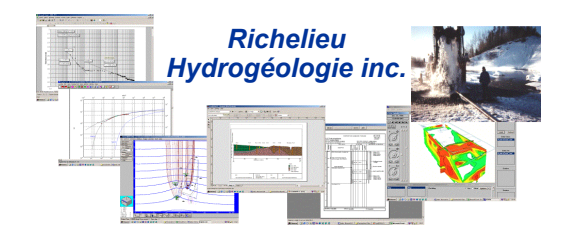
Type d'aquifère

- 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

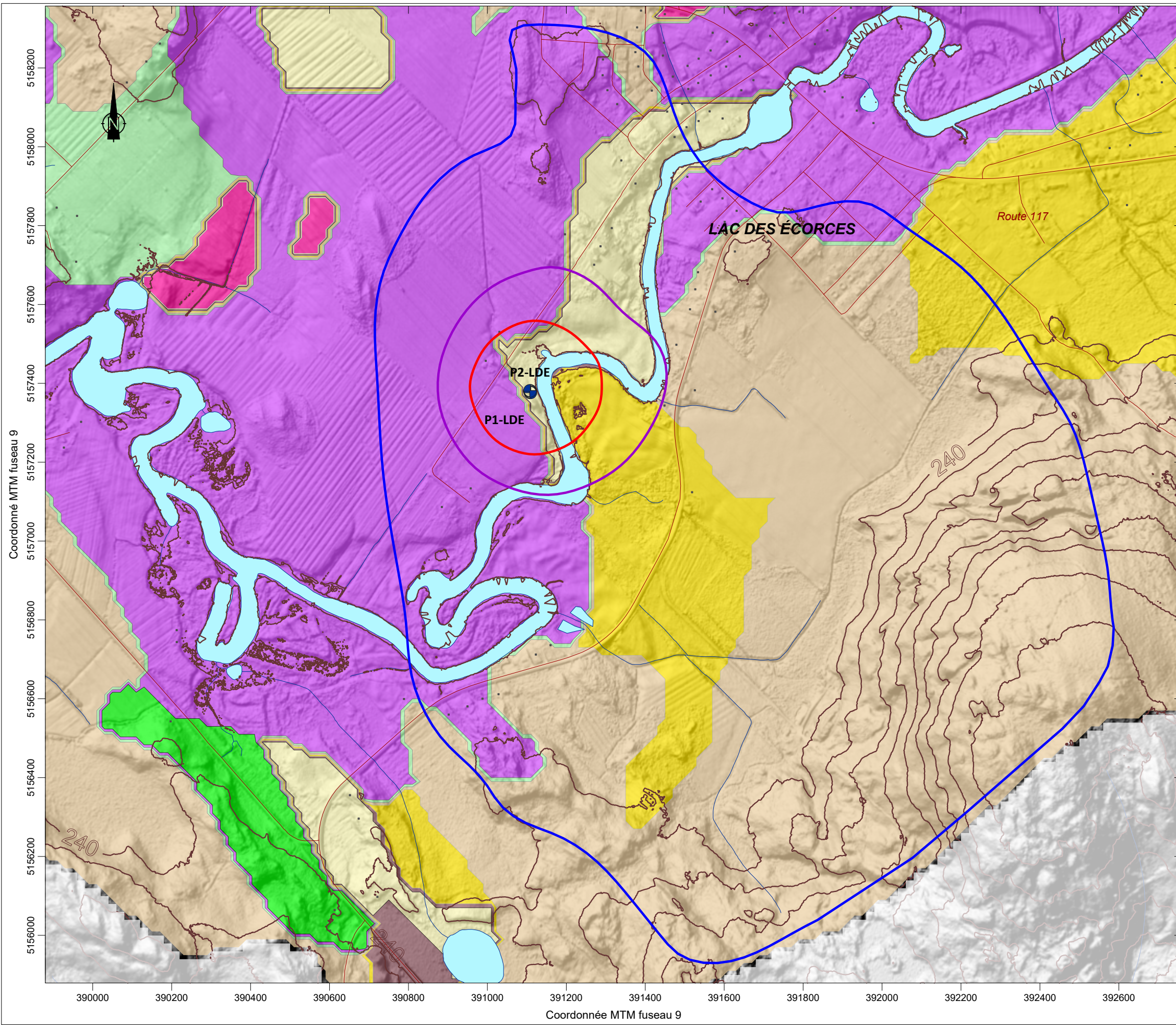


Réseaux routiers et hydrographiques: CANVEC  
 Modèle numérique d'altitude: LiDAR, MERN Québec  
 Indice DRASTIC: Richelieu Hydrogéologie



<b>Titre</b>	
ANNEXE 5 : VULNÉRABILITÉ DRASTIC PARAMÈTRE A TYPE D'AQUIFÈRE	
<b>Projet</b>	
MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N <sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2	
<b>Interprétation et dessin</b>	
Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env. Analyste en géomatique	Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue
<b>Date</b>	<b>Échelle</b>
Juin 2020	1 : 10 000



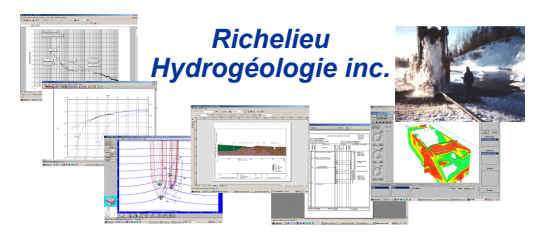


**Légende**

- Type de sol
- Cote 2 : Terre noire
  - Cote 3 : Loam argileux et limono-argileux
  - Cote 4 : Loam limoneux
  - Cote 5 : Loam
  - Cote 6 : Loam sableux
  - Cote 7 : Sable loameux
  - Cote 8 : Sols organiques (marécages)
  - Cote 9 : Sable grossier
  - Cote 10 : Pas de sol (roc)
- 
- 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

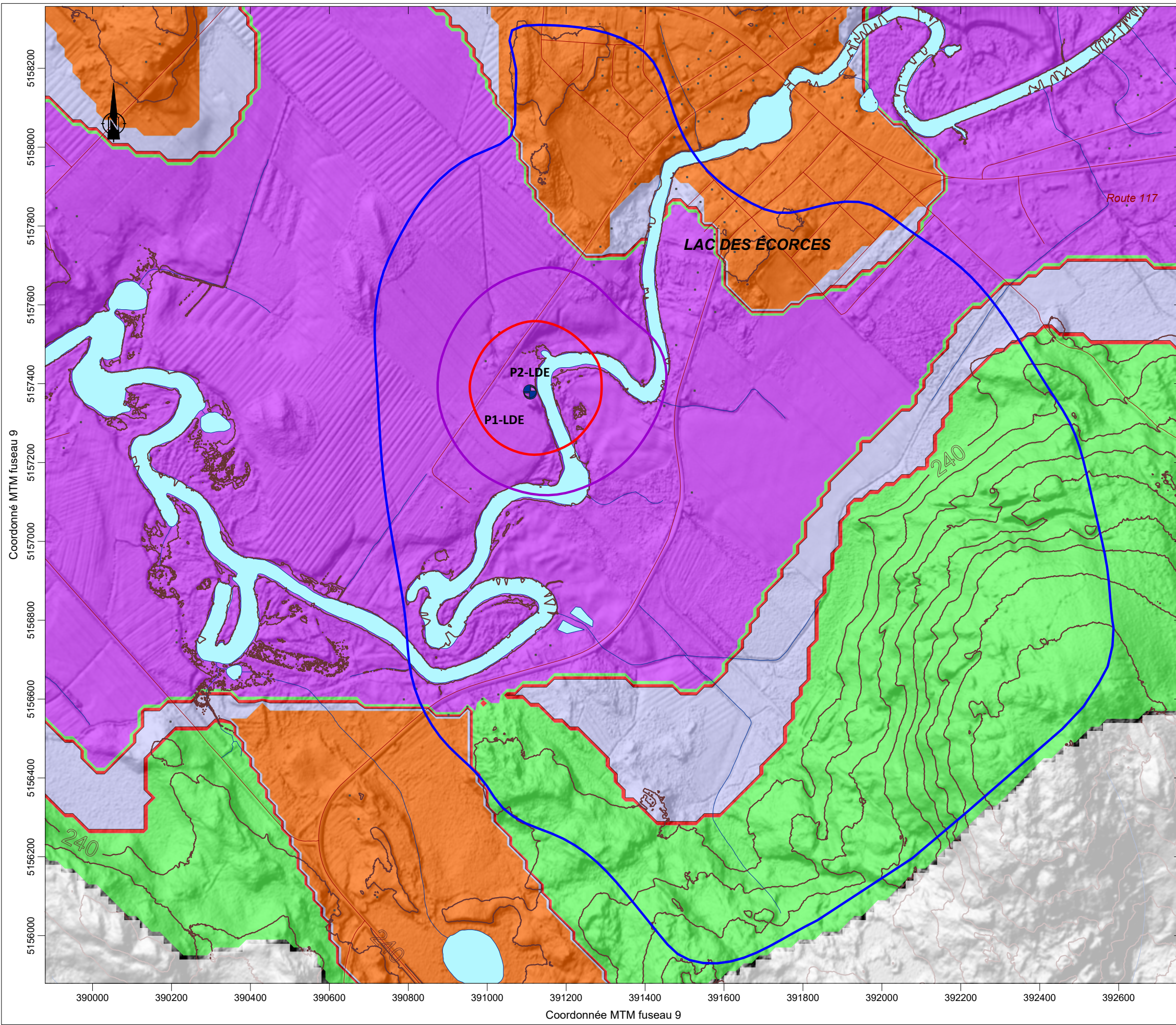


<b>ANNEXE 5 : VULNÉRABILITÉ DRASTIC PARAMÈTRE S TYPE DE SOL</b>	
<b>Projet</b> MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N <sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2	
<b>Interprétation et dessin</b> Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env. Analyste en géomatique	
Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue	
<b>Date</b> Juin 2020	<b>Échelle</b> 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

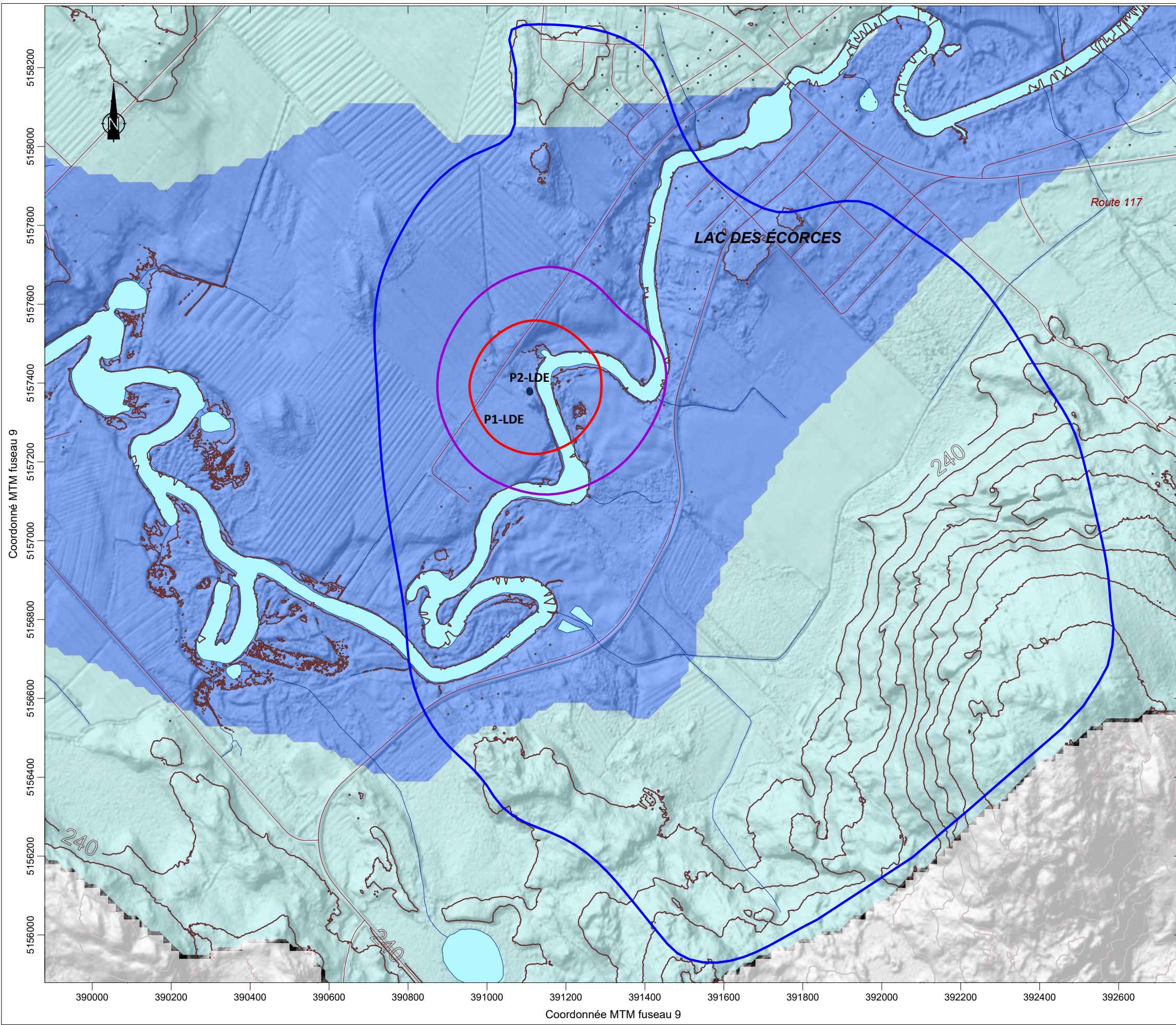


Réseaux routiers et hydrographiques: CANVEC  
 Modèle numérique d'altitude: LiDAR, MERN Québec  
 Indice DRASTIC: Richelieu Hydrogéologie



<p><b>ANNEXE 5 : VULNÉRABILITÉ DRASTIC          PARAMÈTRE I          IMPACT DE LA ZONE NON-SATURÉE</b></p>	
<p>Projet</p> <p style="text-align: center;"><b>MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE          RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE          POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N<sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2</b></p>	
<p>Interprétation et dessin</p> <p>Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env.          Analyste en géomatique</p> <p style="text-align: right;">Yves Leblanc, ing. géo.          M.Sc. Hydrogéologue</p>	
<p>Date</p> <p style="text-align: center;"><b>Juin 2020</b></p>	<p>Échelle</p> <p style="text-align: center;"><b>1 : 10 000</b></p>





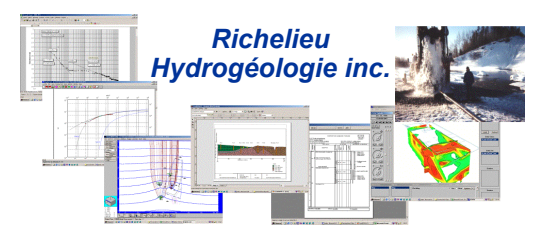
**Légende**

- Conductivité hydraulique
- cote 1: 5x10-7 à 5x10-5 m/s
  - Cote 10 : > 9x10-4 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



<b>ANNEXE 5 : VULNÉRABILITÉ DRASTIC PARAMÈTRE C CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE</b>	
Projet <b>MUNICIPALITÉ DE LAC-DES-ÉCORCES - SECTEUR VILLAGE          RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE          POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE N<sup>OS</sup> X0009286-1 ET -2</b>	
Interprétation et dessin	
Guillaume Légaré-Couture, M.Sc. Env. Analyste en géomatique	Yves Leblanc, ing. géo. M.Sc. Hydrogéologue
Date	Échelle
Juin 2020	1 : 10 000