



**Rapport d'analyse de la vulnérabilité de la source pour les prélèvements  
d'eau souterraine n° X2129308-001 (P-2) et X2129308-002 (P-3)**

**Secteur centre-ville**



Ville de Baie-Saint-Paul  
15, rue Forget  
Baie-Saint-Paul (Québec)  
G3Z 3G1

1<sup>er</sup> février 2021

À l'attention de  
M. Jean Daniel  
Ville de Baie-Saint-Paul  
15, rue Forget  
Baie-Saint-Paul (Québec)  
G3Z 3G1



OBJET : RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LES PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE N° X2129308-001 (P-2) ET X2129308-002 (P-3)

Il nous fait plaisir de vous faire parvenir l'analyse de vulnérabilité des points de prélèvement d'eau mentionné en objet tel qu'exigé par l'article 68 du *règlement sur le prélèvement des eaux et leurs protections* (Q-2, r.35.2). Le document est présenté en deux sections :

SECTION 1 : Renseignements mentionnés aux paragraphes 1, 2 et 3 de l'article 68 réalisé par OGÉO enr.

SECTION 2 : Renseignements mentionnés aux paragraphes 4, 5 et 6 de l'article 68 réalisé par l'ORGANISME DE BASSIN VERSANT CHARLEVOIX-MOMONTRENCY.

Le Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable au Québec mentionne les obligations de transmission et de diffusion des renseignements contenus dans les rapports d'analyse de vulnérabilité. Le tableau suivant, tiré du guide, résume ces obligations.

*Tableau : Résumé des obligations de diffusion*

Parties du rapport	Obligation de transmission ou de diffusion des renseignements ou du rapport
<b>Renseignements ayant un caractère public</b> (Renseignements mentionnés aux paragraphes 1, 2 et 3 des articles 68 et 75 du RPEP)	Les rendre accessibles au <b>public</b> .
	Les transmettre aux <b>organismes de bassin versant</b> dont le territoire recoupe les aires de protection du prélèvement <sup>6</sup> .
<b>Rapport complet</b> (Renseignements mentionnés aux paragraphes 1 à 6 de l'article 68 du RPEP pour les prélèvements d'eau souterraine et aux paragraphes 1 à 7 de l'article 75 du RPEP pour les prélèvements d'eau de surface)	Les transmettre à la Direction générale des politiques de l'eau du <b>Ministère</b> .
	Les transmettre aux <b>municipalités régionales de comté</b> dont le territoire recoupe les aires de protection du prélèvement.
	Les transmettre aux <b>municipalités</b> dont le territoire recoupe : <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'aire de protection éloignée pour les prélèvements d'eau souterraine;</li> <li>• L'aire de protection intermédiaire pour les prélèvements d'eau de surface.</li> </ul>

# SECTION 1

Renseignement mentionné aux paragraphes 1, 2 et 3 de l'article 68 réalisé  
par OGÉO enr.



RAPPORT D'ANALYSE DE VULNÉRABILITÉ  
DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT  
D'EAU SOUTERRAINE N° X2129308-001 (P-2)  
ET X21290308-002 (P-3)



Ville de Baie-Saint-Paul

15 rue Forget

Baie-Saint-Paul QC

G3Z 3G1

Projet : P-1901

# Table des matières

0	MISE EN SITUATION .....	1
1	CARACTÉRISTIQUE DU PRÉLÈVEMENT D'EAU .....	1
1.1	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ET DES INFRASTRUCTURES D'EAU POTABLE .....	1
1.1.1	<i>Description du site de prélèvement.....</i>	2
1.1.2	<i>Description de l'installation de production d'eau potable.....</i>	5
1.2	PLAN DE LOCALISATION DES AIRES DE PROTECTION DU SITE DE PRÉLÈVEMENT.....	6
1.2.1	<i>Recherche d'information existante.....</i>	6
1.2.2	<i>Enjeux de protection du prélèvement.....</i>	8
1.2.3	<i>Système hydrogéologique et modèle conceptuel.....</i>	9
1.2.4	<i>Choix des méthodes de détermination des aires de protection.....</i>	13
1.2.5	<i>Détermination des aires de protection.....</i>	13
1.3	NIVEAU DE VULNÉRABILITÉ .....	18
1.4	DISCUSSION SUR LA QUALITÉ ET LA PÉRENNITÉ DES RÉSULTATS.....	19

## Liste des figures

Figure 1	: Localisation générale .....	2		
Figure 2	: Exemple de condition artésienne jaillissante.....	3		
Figure 3	: Bâtiment du point de prélèvement d'eau P-2 .....	4		
Figure 4	: Consommation d'eau mensuelle au puits P-2.....	4		
Figure 5	: Consommation d'eau annuelle des puits P-1 et P-2 .....	5		
Figure 6	: Schéma du réseau d'eau potable (plan directeur d'eau potable de la ville de Baie-Saint-Paul.....	6		
Figure 7	: Aire de protection actuelle.....	7		
Figure 8	: Cheminement décisionnel pour le choix de la méthode de détermination des aires de protection	8		
Figure 9	: Limite de bassin versant	Figure 10	: Topographie (LIDAR).....	10
Figure 11	: Géologie des dépôts meubles	Figure 12	: Géologie du socle rocheux.....	11
Figure 13	: Localisation et interprétation des travaux de géophysique.....	12		
Figure 14	: Schématisation des aires de protection.....	14		
Figure 16	: Représentation schématique de la méthode de calcul Todd 1980.....	17		
Figure 17	: Illustration de l'indice DRASTIC.....	18		

## Liste des tableaux

Tableau 1	: Identification et numéros du site de et des installations d'eau potable .....	1
Tableau 2	: Volume d'eau consommé et recommandé par puits.....	8
Tableau 7	: Calcul de l'indice DRASTIC.....	19

## Liste des annexes

- Annexe 1 : Rapport Mission HGE 2009
- Annexe 2 : Documentations consultées
- Annexe 3 : Correspondance avec le MELCC
- Annexe 4 : Localisation des aires de protection
- Annexe 5 : Rapport INRS (Datation de l'eau)

## Liste des acronymes

MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MRC	Municipalité régionale de comté
OBV	Organisme de bassin versant
OBVCM	Organisme de Bassin Versant de Charlevoix et Montmorency
RCES	Règlement sur le captage des eaux souterraines
RPEP	Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection
RQEP	Règlement sur la qualité de l'eau potable
Guide	Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable du Québec
Guide technique	Détermination des aires de protection des prélèvements d'eau souterraine et des indices de vulnérabilité DRASTIC

## 0 MISE EN SITUATION

Le *ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques* (MELCC) a adopté en avril 2015 le *règlement sur le prélèvement des eaux et leurs protections* (RPEP) qui demande de réaliser une étude de vulnérabilité sur tous les puits municipaux qui alimente plus de 500 personnes (catégorie 1). Plusieurs documents et informations ont été produits par le MELCC incluant les deux guides suivants qui ont orienté la rédaction du présent rapport.

- *Guide technique – Détermination des aires de protection des prélèvements d'eau souterraine et des indices de vulnérabilité DRASTIC* (ci-après : « Guide technique »)
- *Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable du Québec* (ci-après : « Guide »)

Le présent rapport est produit en collaboration entre l'entreprise Ogéo enr. de Sainte-Brigitte-de-Laval et l'*Organisme de Bassin Versant de Charlevoix et Montmorency* (OBVCM). Ogéo réalise la description des installations, des aires de protection et de la vulnérabilité alors que l'OBVCM réalise l'inventaire des activités, des événements potentiels et des affectations du territoire ainsi que l'identification des problèmes avérés. La structure et nomenclature du présent rapport proviennent de l'annexe 2 du « Guide » qui indique précisément la marche à suivre pour réaliser l'étude de vulnérabilité d'un point de prélèvement d'eau souterraine.

## 1 CARACTÉRISTIQUE DU PRÉLÈVEMENT D'EAU

### 1.1 Description des installations et des infrastructures d'eau potable

La ville de Baie-Saint-Paul est alimentée en eau potable par le biais de 5 points de prélèvement d'eau souterraine. Le tableau suivant montre l'identification des installations de production d'eau potable et des sites de prélèvement de la ville.

*Tableau 1 : Identification et numéros du site de et des installations d'eau potable*

NUMÉROS DE L'INSTALLATION DE PRODUCTION D'EAU POTABLE	NUMÉROS DU SITE DE PRÉLÈVEMENT	NOM DU SITE DE PRÉLÈVEMENT
X2114159	X2114159-1	Installation de production d'eau potable Aqueduc Domaine de la Montagne
X2129308	X2129308-1 (P-2) X2129308-2 (P-3)	Installation de production d'eau potable Baie St-Paul (puits P-2 et P-3)
X0010830	X0010830-1 (P-1) X0010830-2 (PE-1)	Installation de production d'eau potable Baie-Saint-Paul

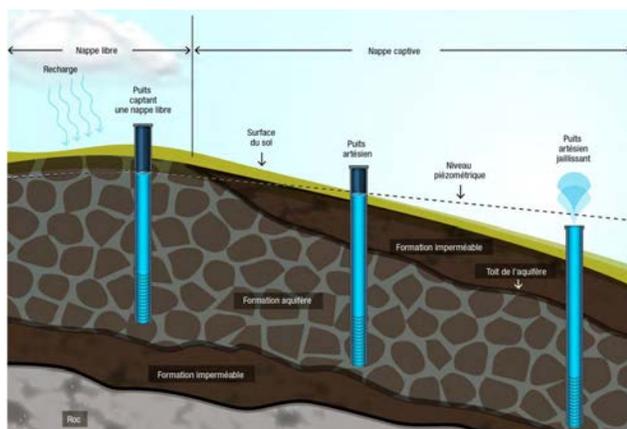


- P-2 x : -70,50575620 y : 47,43661159
- P-3 x : -70,50581052 y : 47,43665588

Comme le puits P-3 est considéré comme un puits d'appoint et qu'un très faible volume est exploité (< 1 m<sup>3</sup>/mois), seul le puits P-2 sera considéré dans cette étude. De plus, les 2 puits sont situés à 6,5 m l'un de l'autre et ils captent le même aquifère, la vulnérabilité des deux puits peut être considérée là même. Pour faciliter la lecture du rapport, il sera question principalement du puits P-2.

Le puits P-2 est un puits de type tubulaire qui capte l'aquifère contenu dans les dépôts meubles. Le puits est muni d'un tubage d'acier de 203 mm de diamètre et d'une longueur de 133,8 m. Une crépine en acier inoxydable de 18,9 m de longueur a été installée à la base du tubage entre 133,8 et 152,7 m de profondeur. Cette dernière possède des ouvertures de 1,52 mm (0,060 pouce). Le scellement du puits a été fait sur une profondeur de 18,8 m à partir de la surface sur un diamètre de 406 mm. Le puits P-2 capte donc l'aquifère contenu dans les dépôts meubles entre 133,8 et 152,7 m de profondeur. Des conditions artésiennes jaillissantes ont été observées lors du forage. La présence de 75 m de silt argileux au-dessus de l'aquifère explique les conditions artésiennes jaillissantes.

Figure 2 : Exemple de condition artésienne jaillissante



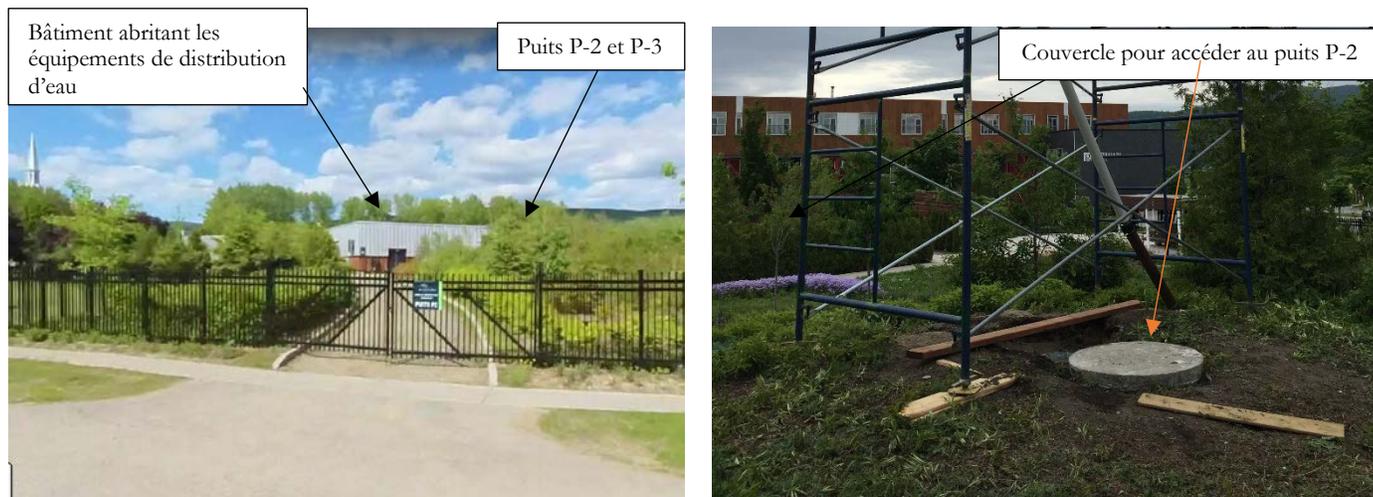
Source : Guide technique pour l'obturation du puits artésien jaillissant, MEI.CC et HGE 2009

Le puits P-3 est un puits tubulaire de 152 mm de diamètre d'une profondeur de 153,4m. Aucune crépine n'a été installée et l'eau s'infiltre donc à la base du tubage. Le puits a également été scellé sur 12,3 m de profondeur. Les coupes géologique et technique des puits sont présentées dans le rapport de Mission HGE 2009 dont une copie est insérée à l'annexe 1.

Des visites de terrain ont été effectuées le 19 juin et le 16 septembre 2019 et ont permis de vérifier l'état de l'installation de prélèvement qui est excellent. Les puits sont situés dans un trou d'homme à quelque mètre du bâtiment qui habite les installations de distribution d'eau. Comme les installations sont relativement

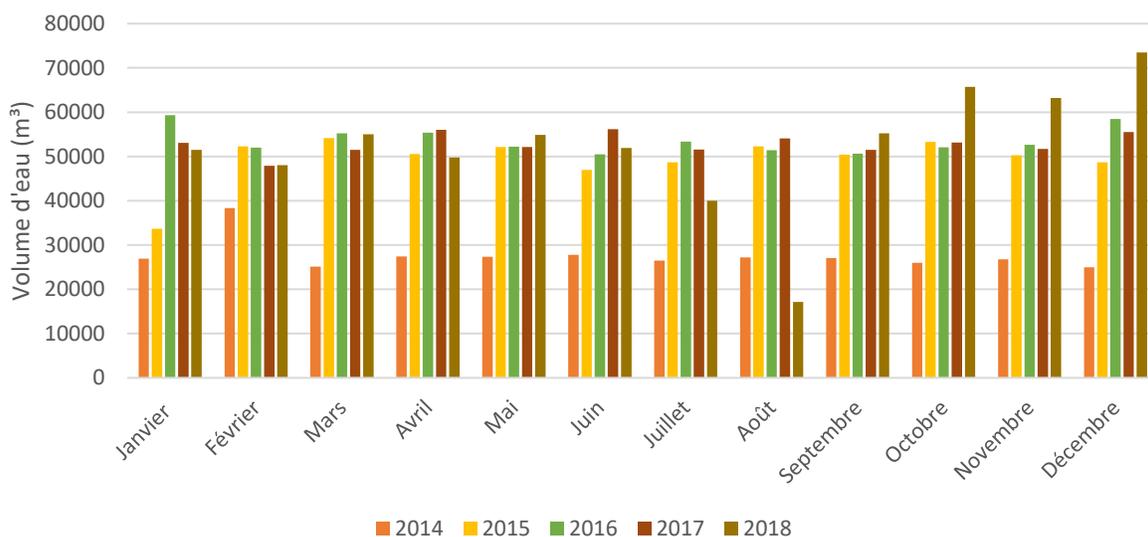
récentes, tous les équipements sont en excellent état. Le bâtiment et les puits sont entourés par un espace vert nommé le jardin Saint-François ce qui assure une protection contre les activités à risque.

Figure 3 : Bâtiment du point de prélèvement d'eau P-2



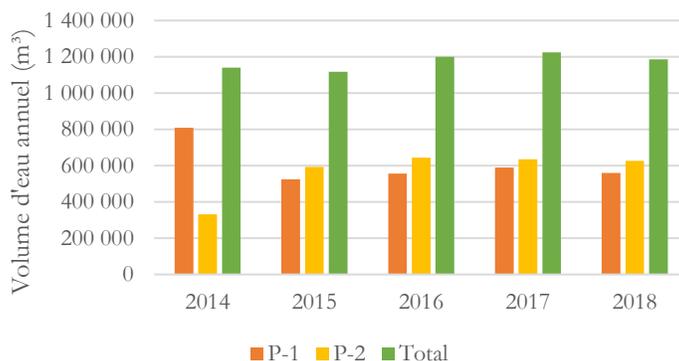
D'après la déclaration de prélèvement d'eau envoyé au MELCC entre 2014 et 2018, le puits alimente environ 50% du système de distribution d'eau potable de la ville. D'après la déclaration des prélèvements d'eau un volume d'eau mensuel moyen de 47 131 m<sup>3</sup> a été soutiré entre 2014 et 2018 (1 545 m<sup>3</sup>/jour). Le rapport antérieur (Mission HGE 2009, annexe 1) recommandait un débit de pompage de 2 725 m<sup>3</sup>/jour avec des pointes sporadiques à 7 631 m<sup>3</sup>/jour. Le graphique suivant montre les volumes d'eau consommés mensuellement entre 2014 et 2018.

Figure 4 : Consommation d'eau mensuelle au puits P-2



La figure précédente permet d'observer qu'en 2014 le puits était faiblement utilisé contrairement aux autres années. La plus forte consommation a été enregistrée en décembre 2018. Comme deux sites de prélèvement alimentent le réseau cette hausse de consommation peut s'expliquer par une baisse du volume d'eau fournie par les puits P-1 et PE-1 comme le montre la figure suivante qui présente le volume d'eau annuel prélevé sur chacun des deux sites.

Figure 5 : Consommation d'eau annuelle des puits P-1 et P-2



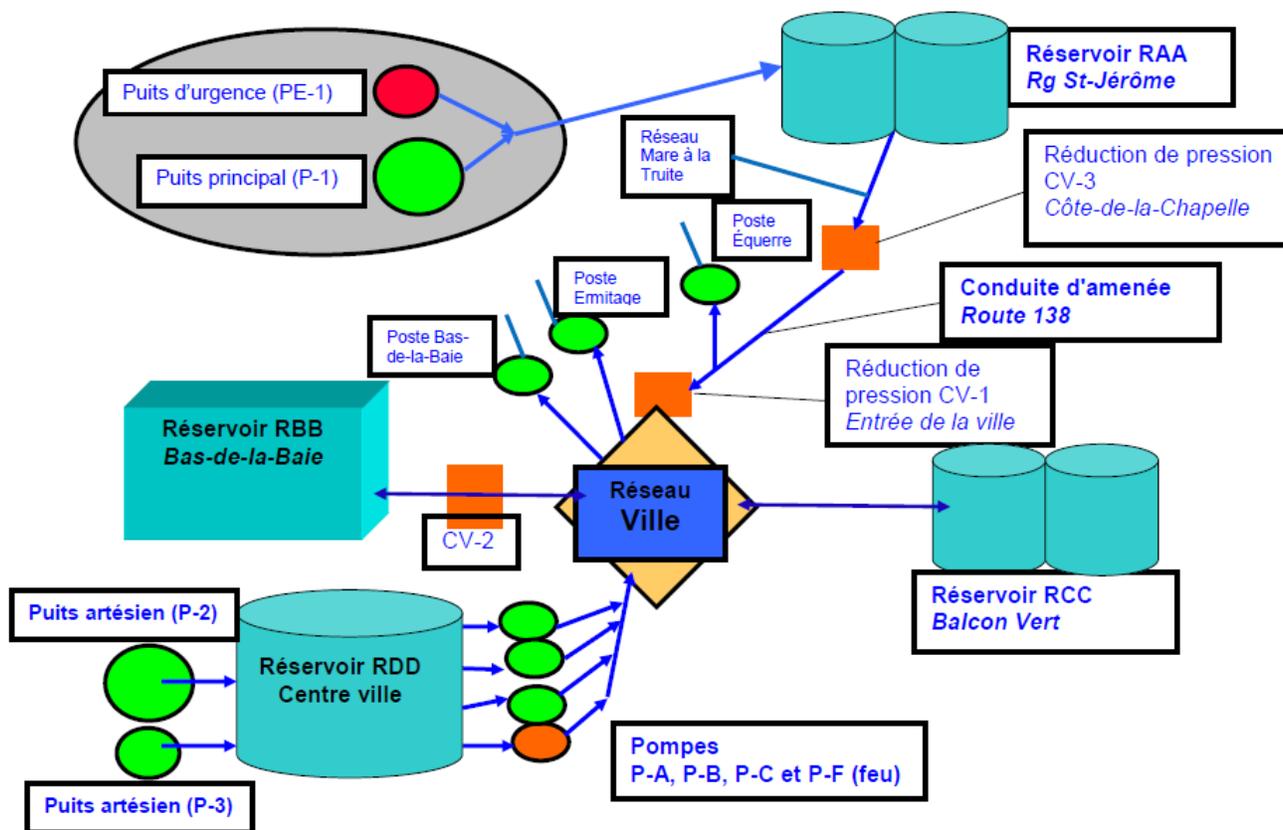
La figure précédente permet d'observer un changement d'utilisation des puits entre 2014 et 2015. Depuis 2015, le puits P-2 alimente 53% du volume total.

### 1.1.2 Description de l'installation de production d'eau potable

L'eau extraite du puits P-2 est acheminée directement au réservoir du Centre-Ville (RDD) qui alimente le réseau de la ville. Une chloration de l'eau est effectuée seulement à la sortie du réservoir, aucun autre système de traitement n'est mis en place. Un volume moyen de 1 039 litres de solution d'hypochlorite de sodium a été utilisé en 2009. Lorsque le niveau du réservoir atteint la sonde de bas niveau, la valve reliée au puits est ouverte jusqu'à ce que le niveau du réservoir atteigne la sonde de haut niveau. Aucune pompe n'est mise en place et seule la condition artésienne permet d'alimenter le réservoir. La figure suivante montre le schéma du réseau d'eau potable provenant du plan directeur d'eau potable de la ville de Baie-Saint-Paul<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Bouchard S., Fillion G., Plan directeur d'eau potable, Ville de Baie-Saint-Paul, 2016

Figure 6 : Schéma du réseau d'eau potable (plan directeur d'eau potable de la ville de Baie-Saint-Paul)



## 1.2 Plan de localisation des aires de protection du site de prélèvement

Des aires de protection ont été établies dans le passé pour le puits P-2. Comme les exigences du MELCC ont été modifiées, de nouvelles aires de protection peuvent être exigées en fonction de certains critères. Ces critères sont établis selon le « Guide technique » (voir liste acronyme). La structure et nomenclature des sous-chapitres suivants proviennent de l'annexe 2 du « Guide » et de l'annexe 2 du « Guide technique » qui indiquent précisément la marche à suivre pour déterminer si les aires de protection établie correspondent aux nouvelles exigences. Principalement, **les enjeux de protection** et le type de **système hydrogéologique** doivent être vérifiés pour connaître la méthode de détermination des aires de protection.

### 1.2.1 Recherche d'information existante

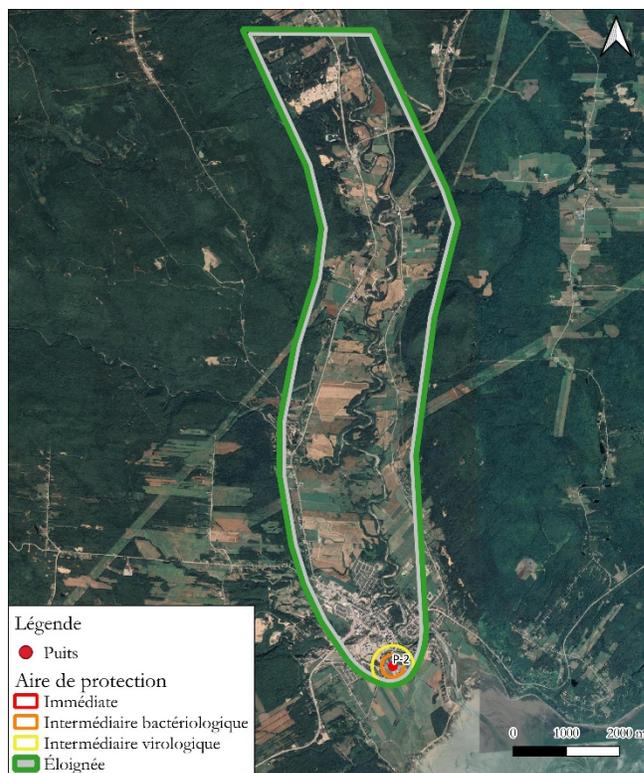
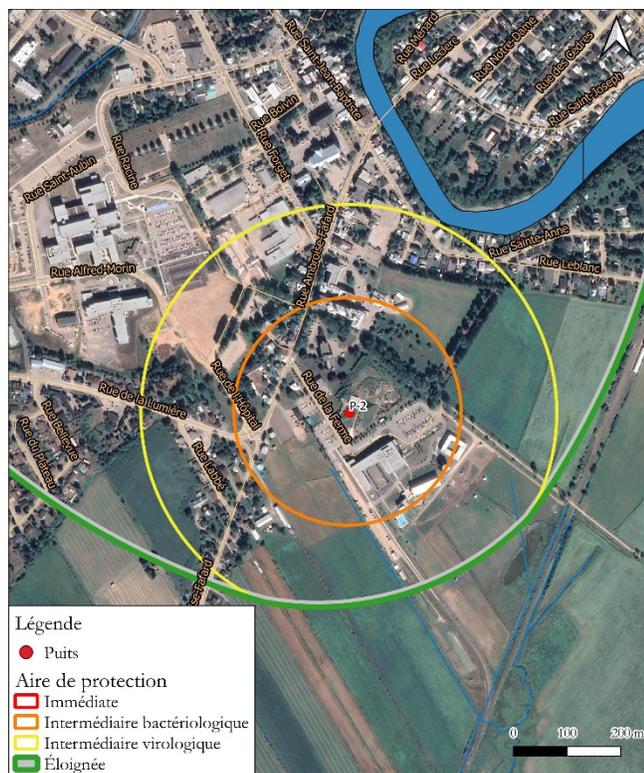
En premier lieu, une recherche d'information doit être effectuée pour connaître le contexte hydrogéologique du secteur. Une recherche a tout d'abord été effectuée en consultant plusieurs informations numériques disponibles et plusieurs documents ont été envoyés par monsieur Jean Daniel ing. directeur du service du génie de la ville de Baie-Saint-Paul. Toutes ces informations sont listées à l'annexe 3.

Le MELCC a entrepris, depuis 2009, un projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (ci-après : PACES) dans certains secteurs. Ce projet permet de dresser plusieurs cartes à l'échelle régionale et de mieux connaître le contexte hydrogéologique du secteur. Le rapport scientifique ainsi que les données numériques ont été consultés et seront essentiels pour vérifier la complexité du système hydrogéologique. La topographie du socle rocheux, l'épaisseur des dépôts meubles et la piézométrie seront particulièrement utiles pour l'évaluation du système hydrogéologique.

Les données provenant du système d'information hydrogéologique (SIH) ont également été consultées en détail. Les puits où la localisation semblait douteuse ont été écartés. Toutes les données disponibles ont été géoréférencées et intégrées dans le logiciel libre QGis 3.10.5. Il nous a été possible par la suite de préciser l'épaisseur des dépôts meubles, le type de dépôts et les niveaux d'eau observés lors des forages en plus des informations mentionnées par le PACES. Malgré l'imprécision des données des puits SIH, leurs quantités nous permettent tout de même d'observer certaines tendances.

Les documents fournis par la ville nous indiquent le détail des calculs pour déterminer les aires de protection établies dans le passé dans le cadre du RCES dont une copie du rapport est insérée à l'annexe 1 (Mission HGE 2009). Ces aires de protection ont été établies à l'aide d'équation analytique. Les sous-chapitres suivants permettront de vérifier la validité de ces aires en lien avec les nouvelles exigences. Les figures suivantes montrent les aires de protection actuelle.

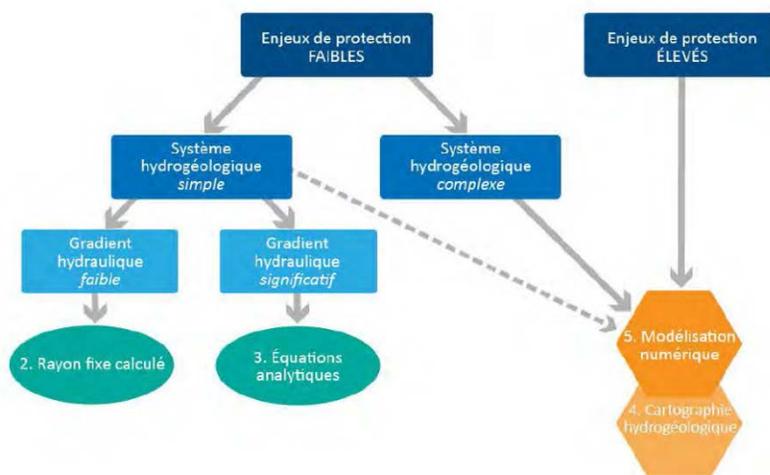
Figure 7 : Aire de protection actuelle



## 1.2.2 Enjeux de protection du prélèvement

Le choix de la méthode pour la détermination des aires de protection est établi par le « Guide technique ». En premier lieu, les enjeux de protection doivent être établis entre faibles et élevés tels qu'illustrés à la figure 12 du « guide technique » dont une copie est présentée ici-bas.

Figure 8 : Cheminement décisionnel pour le choix de la méthode de détermination des aires de protection



Le « Guide technique » mentionne trois facteurs principaux qui doivent être considérés pour déterminer les enjeux de protection :

- L'importance du prélèvement pour la communauté;
- La présence d'activité sujette à des prescriptions réglementaires visant la protection du prélèvement
- L'ampleur des problématiques de contamination potentielle.

L'importance du prélèvement pour la communauté s'évalue principalement par le volume d'eau fournie par le puits en comparaison aux besoins. Le tableau suivant montre les volumes d'eau exploités selon la déclaration de prélèvement d'eau entre 2014 et 2018 ainsi que le débit de pompage recommandé dans les rapports antérieur.

Tableau 2 : Volume d'eau consommé et recommandé par puits

	Volume d'eau prélevé (m <sup>3</sup> /jour)			Débit de pompage recommandé (m <sup>3</sup> /jour)
	Maximum	Minimum	Moyenne	
<b>P-1 et PE-1</b>	3 221	610	1 660	5 458
<b>P-2 et P-3</b>	2 408	562	1 545	3 270 (sans pompage)
<b>Total</b>	4 280	2 489	3 205	8 728

Le puits P-2 fournit environ 50% du volume d'eau total consommé par jour. Advenant un bris mécanique du puits P-2, le puits P-3 pourrait venir en renfort. La troisième source disponible pour alimenter l'aqueduc est les points de prélèvement d'eau souterraine du rang Saint-Jérôme (P-1 et PE-1) qui sont en mesure de fournir 5 458 m<sup>3</sup>/jour alors que les besoins maximums sont de 4 280 m<sup>3</sup>/jour. Ces derniers seraient donc en mesure d'alimenter le réseau d'aqueduc. Dans le secteur du centre-ville, seul le puits P-2 capte l'aquifère en profondeur. Il est très peu probable que des puits résidentiels captent cet aquifère compte tenu des difficultés de construction d'un puits. Cet aquifère n'est donc pas un enjeu élevé pour la communauté.

Les activités sujettes à des prescriptions réglementaires concernent principalement certains champs agricoles situés dans les aires de protection intermédiaire. D'après les aires de protection établie antérieurement, des champs agricoles seraient situés à l'intérieur de l'aire de protection à 100 m à l'ouest du puits P-2. Cependant l'épaisseur d'argile dans ce secteur et les conditions captives observés laisse présager que ces activités n'ont aucun impact sur l'aquifère capté à P-2. Aucune activité agricole ne sera à proscrire dans les aires de protection.

L'ampleur des problématiques de contamination potentielle est jugée faible pour le puits P-2. L'importante épaisseur de silt argileux qui recouvre l'aquifère capté par le puits P-2 empêche toute contamination potentielle.

Les **enjeux de protection sont donc faibles** et l'arbre décisionnel de la figure 6 nous dirige vers l'évaluation du système hydrogéologique pour déterminer si les aires de protection doivent être déterminées par des équations ou par une modélisation.

### 1.2.3 Système hydrogéologique et modèle conceptuel

Pour évaluer si un système hydrogéologique est simple ou complexe, le « Guide technique » mentionne certains critères de validité. Avant de vérifier ces critères de validité, un modèle conceptuel doit être établi. Ce modèle tente de déterminer la géométrie et la composition du milieu hydrogéologique du secteur.

D'après les données fournies par le centre d'expertise hydrique du Québec<sup>2</sup>, le secteur à l'étude est situé dans un très petit bassin versant dont le cours d'eau (sans nom) se déverse directement dans le fleuve Saint-Laurent. Pour bien comprendre le déplacement de l'eau souterraine, il est préférable d'inclure l'aquifère capté au bassin versant de la rivière du Gouffre. Les données LIDARS<sup>3</sup> permettent de bien apprécier la topographie du secteur et plus précisément la vallée de rivière du Gouffre. Les figures suivantes montrent la topographie du secteur et les limites de bassin versant.

---

<sup>2</sup> Québec, Centre d'expertise hydrique du. Délimitation des bassins versant. [Shape File] <https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/index.htm>

<sup>3</sup> LIDAR. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. [.tiff] [ftp://transfert.mffp.gouv.qc.ca/Public/Diffusion/DonneeGratuite/Foret/IMAGERIE/Produits\\_derives\\_LIDAR/](ftp://transfert.mffp.gouv.qc.ca/Public/Diffusion/DonneeGratuite/Foret/IMAGERIE/Produits_derives_LIDAR/)

Figure 9 : Limite de bassin versant

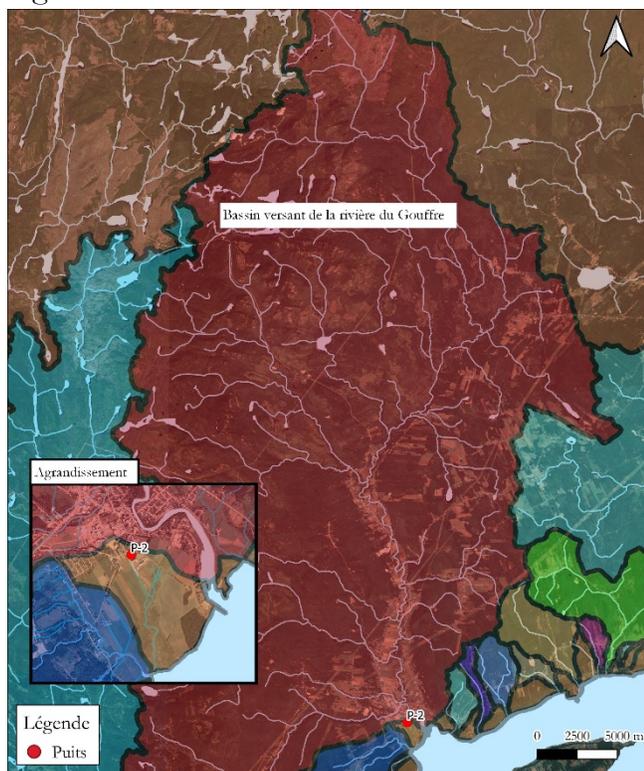
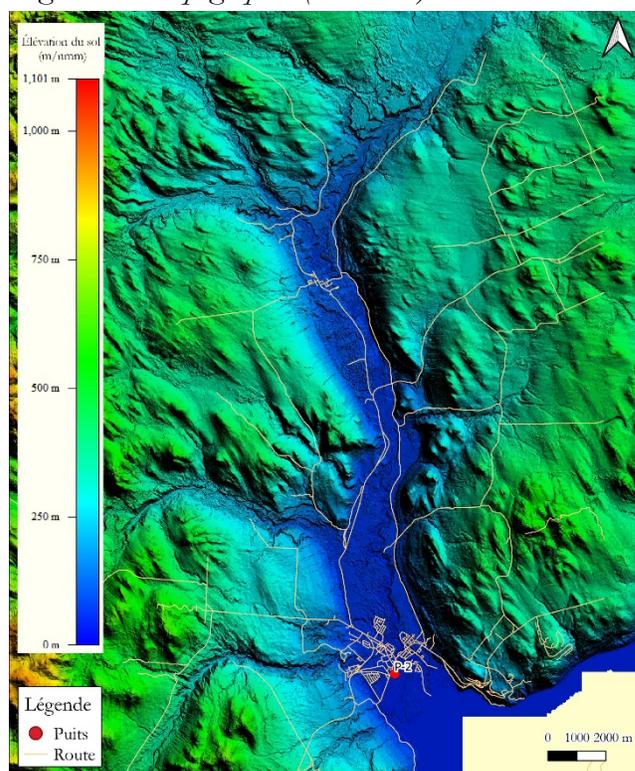


Figure 10 : Topographie (LIDAR)



Le puits est donc situé en aval d'un bassin versant de la rivière du gouffre de près de 1 000 km<sup>2</sup>. La rivière du gouffre est dans une vallée très encaissée avec de fortes épontes.

Au niveau géologique<sup>4</sup>, le site à l'étude est situé à la limite de la province du Grenville et des Basses-Terres du Saint-Laurent, soit deux provinces géologiques bien différentes de par leurs âges et leurs compositions. Les roches de la province du Grenville datent de milliard d'années et sont composées principalement de Gneiss tandis que ceux des Basses-Terres d'environ 400 millions d'années et sont composés de roche sédimentaire (calcaire, grès). Le fond de la vallée de la rivière du Gouffre est composé de calcaires alors que les hauts topographiques sont composés de granite. Les calcaires ont tendance à montrer un réseau de fracture plus développé que les granites. Comme l'eau souterraine circule dans le réseau de fracture, la compréhension de la circulation de l'eau souterraine dans le socle rocheux peut être très complexe. À noter également, l'astéroïde de Charlevoix, survenue il y a environ 360 millions d'années<sup>5</sup> qui a peut-être avoir modifier ce réseau de fracture à nouveau.

Pour ce qui est des dépôts meubles<sup>3,6</sup>, le puits est situé sur des sédiments marins constitués de sable, silt sableux et graviers. Un peu plus au nord, le fond de la vallée est composé de sédiments glaciomarins d'eau profonde

<sup>4</sup> SIGÉOM. Système d'information géomineire du Québec, Service Cartographique. SIGÉOM. [En ligne] 2019. [http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/SIGEOM\\_WMS/service.svc/get?](http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/SIGEOM_WMS/service.svc/get?)  
<sup>5</sup> Rondot, Jehan. Les brèches d'impact météoritique de Charlevoix. ET 97-04 : Gouvernement du Québec, 1998. ISBN 2-551-18859-8.  
<sup>6</sup> Pierre A. Cousineau et al. Rapport final sur les travaux de cartographie des formations superficielles réalisés dans les territoires municipalisés de la Haute-Côte-Nord et de Charlevoix entre 2012 et 2014. s.l. : Ministère de l'énergie et des ressources naturelles, 2014. MB 2014-02

composés de silt argileux. La description de sol rencontré lors du forage indique 12,2 m de sable fin, suivi de 73,1 m de silt argileux et finalement 65,2 m de sable fin à grossier. À noter que le socle rocheux n'a jamais été atteint durant le forage. D'après ces observations, les sédiments marins semblent avoir été observés en surface, suivis des sédiments glaciomarins d'eau profonde (argile). Le sable fin et grossier qui constitue l'aquifère capté par le puits est difficilement sociable à des sédiments de surface dans le secteur. La carte géologique montre également la présence de sédiments glaciomarins sur les flancs de la vallée. Ces sédiments ont été laissés en place lors de la fonte des glaciers associée à l'Épisode de la mer de Goldthwait. Ils sont principalement constitués de sable et gravier stratifié et plus localement on peut y observer des sédiments silto sableux. Sur les hauts topographiques, ont observé des sédiments glaciaires habituellement de faible épaisseur (3m) et de composition très hétérogène (sable et gravier à matrice silto argileux). Les figures suivantes montrent la répartition des dépôts meubles et du socle rocheux.

Figure 11 : Géologie des dépôts meubles

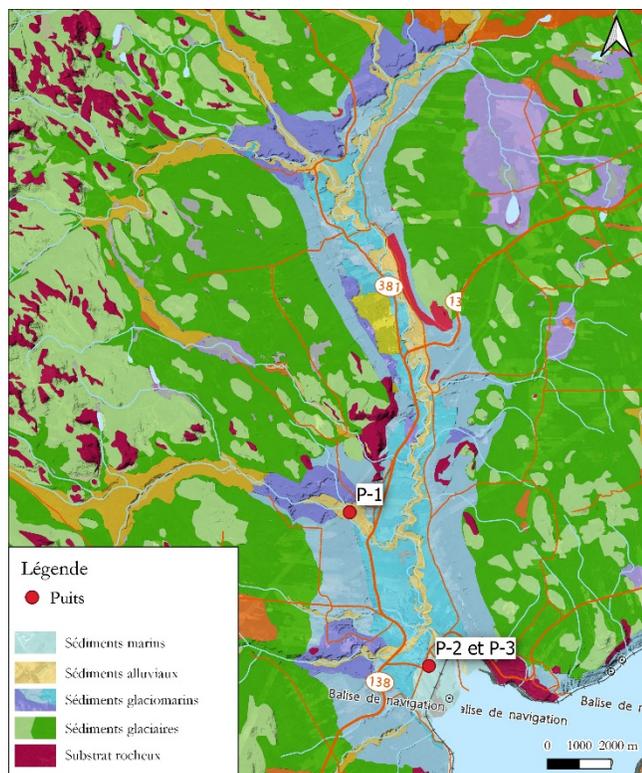
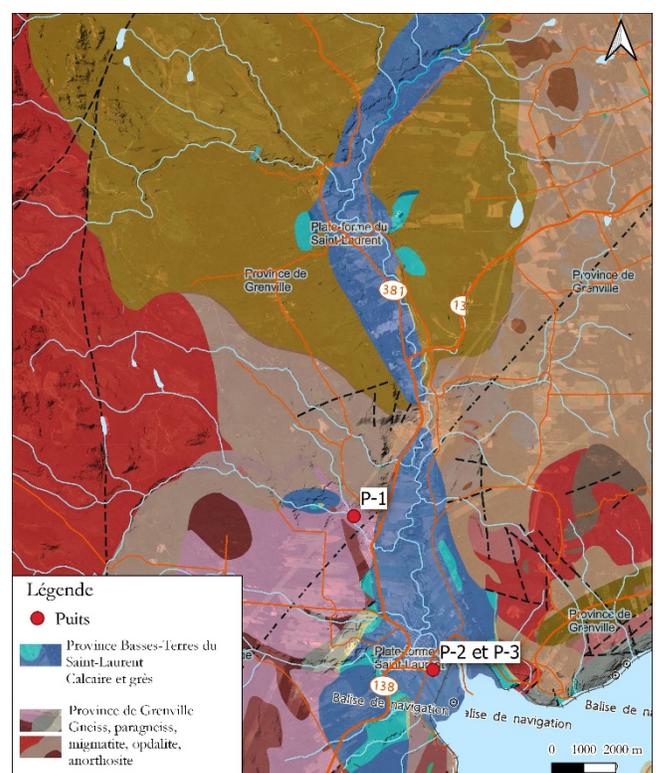


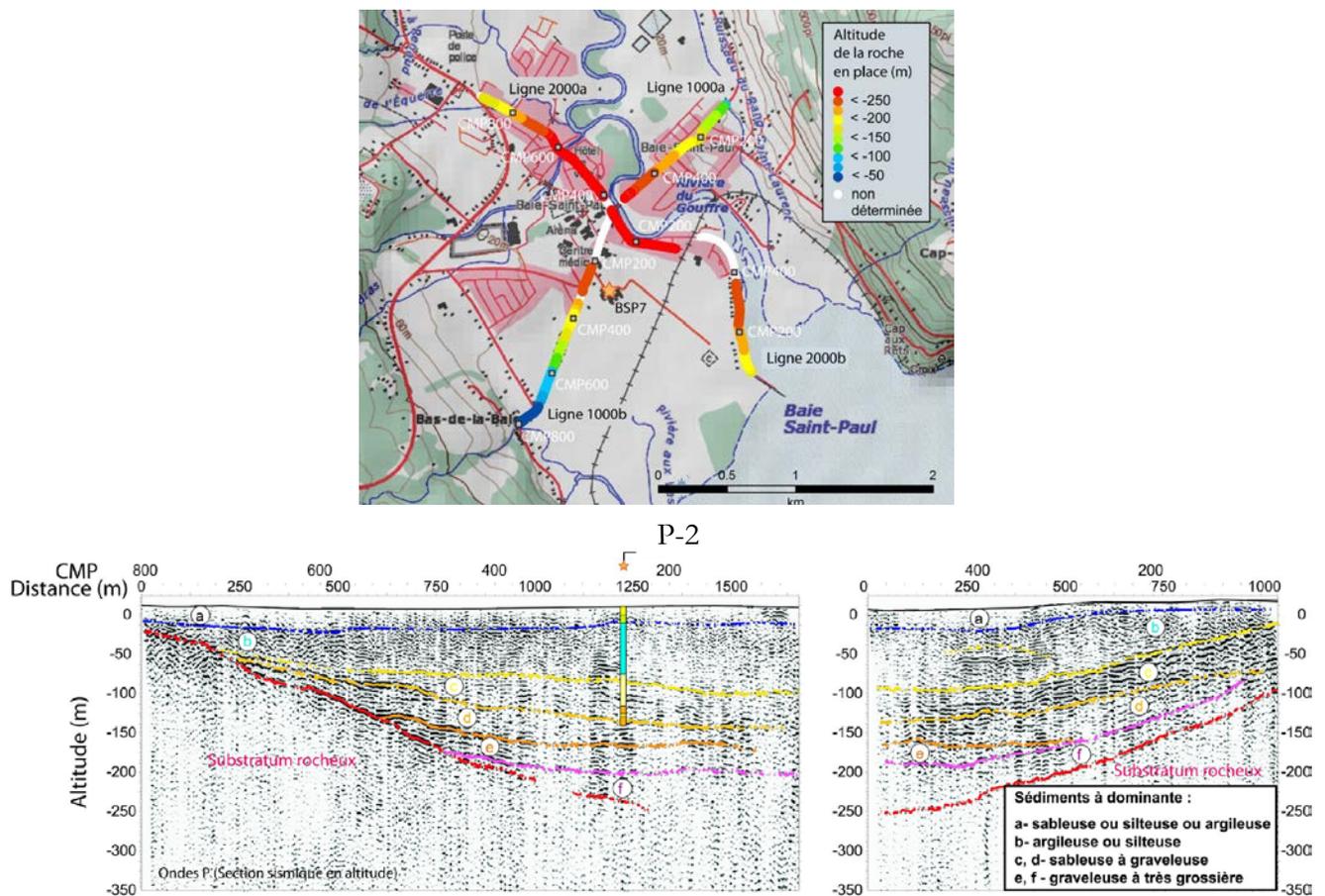
Figure 12 : Géologie du socle rocheux



Des travaux de géophysique ont été effectués par la Commission géologique du Canada dans le secteur<sup>7</sup>, ce qui a permis d'estimer la profondeur des dépôts meubles dans le secteur. D'après leur interprétation, le socle rocheux pourrait atteindre 250 m de profondeur. Les figures suivantes montrent la localisation et la coupe stratigraphique de la ligne 1000b et a.

<sup>7</sup> Perret, D., Locat, P., Occhietti, S., 2012. Excursion en Charlevoix. Association québécoise pour l'étude du Quaternaire (AQQA), 7-8 septembre 2012, 67 p.

Figure 13 : Localisation et interprétation des travaux de géophysique



Voici nos observations pour l'évaluation de la complexité du système hydrogéologique. Les éléments observés proviennent de l'annexe 3 du « guide technique » qui énumère les critères de validité des hypothèses de milieu poreux équivalent homogène et d'isotropie. La géométrie de l'aquifère capté semble assez homogène avec une extension latérale de plus de 1 km et une épaisseur de 27,7 m. La présence d'une bonne épaisseur d'argile qui surplombe l'aquifère et sa superficie nous indique un confinement continu. Malheureusement la direction d'écoulement des eaux souterraines n'a pu être déterminée avec précision, mais il est fort probable que l'eau souterraine circule en direction du fleuve. Les faibles concentrations en chlorure (70 mg/L), en sodium (48 mg/L) et en conductivité électrique (370 uS/cm) mesurée lors des essais de pompage (Mission HGE 2009) nous indiquent l'absence d'eau de mer qui pourrait provenir du fleuve Saint-Laurent ce qui indiquerait un sens d'écoulement inverse. D'ailleurs la qualité des eaux souterraines est demeurée très stable durant les essais. Les courbes de rabattement mesuré dans les puits durant les essais de pompage montrent un rabattement proportionnel au débit de pompage. Une légère cassure est apparue dans les niveaux d'eau mesurés durant le pompage pouvant indiquer une frontière négative. Cette cassure n'a pas été observée par les niveaux d'eau enregistrés dans les piézomètres. Le cône de dépression autour du puits est donc de forme légèrement elliptique. Compte tenu de ces observations, nous sommes d'avis que l'aquifère capté peut donc être considéré comme un **système hydrogéologique simple**.

## 1.2.4 Choix des méthodes de détermination des aires de protection

Comme mentionné précédemment, les enjeux de protection sont jugés faible et le système hydrogéologique simple. L'aire de protection peut donc être déterminée par une formule mathématique (figure 8) telle qu'exigée par le « guide technique ». Deux formules peuvent être utilisées en fonction du gradient hydraulique, l'équation de **rayon fixe** et l'**équation analytique**. Le « guide technique » mentionne que l'utilisation de l'équation de rayon fixe doit être utilisée lorsque le gradient hydraulique est inférieur à 0,001. Dans le cas présent, comme le gradient hydraulique n'est pas connu il nous impossible de déterminer quelle équation utilisée. Cependant la formule du rayon fixe utilise la recharge de l'aquifère au droit du puits dans son équation. Comme une couche de silt argileux est présente dans le secteur, la recharge de l'aquifère est pratiquement nulle. L'utilisation de cette équation ne peut donc pas être utilisée et l'équation analytique peut donc être utilisée comme il a été fait dans le passé (MissionHGE 2009).

Les aires de protection établie antérieurement répondent donc aux nouvelles exigences réglementaires (RPEP) telles qu'énumérées dans le « Guide technique ».

## 1.2.5 Détermination des aires de protection

Les articles 51 à 66 du RPEP indiquent les aires de protection applicables. Trois aires de protection principales doivent être évaluées.

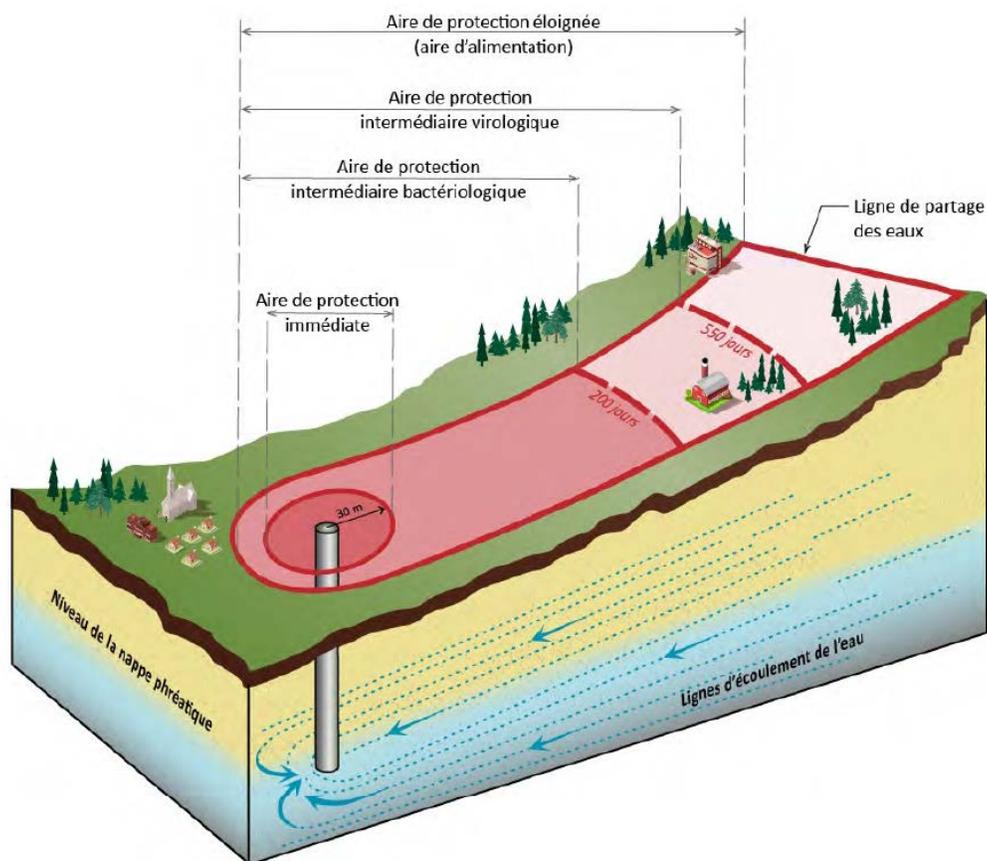
### *1.2.5.1 Aire de protection immédiate*

L'article 54 du RPEP précise qu'un rayon de protection de 30 m autour d'un point de prélèvement d'eau souterraine de catégorie 1 doit être mis en place à moins qu'un professionnel ne les détermine plus précisément. Toute activité présentant un risque de contamination de l'eau est interdite dans ce périmètre. Dans le cas présent, le secteur est entouré par un espace vert nommé le jardin Saint-François ce qui ne représente pas une activité à risque. Les puits P-2 et P-3 sont également situés dans un trou d'homme qui est accessible seulement en retirant un couvercle de béton et le puits est fermé de manière étanche compte tenu des conditions artésiennes jaillissantes. De plus, la présence d'argile entre la surface et l'aquifère offre une excellente protection contre les activités de surface et l'aire de protection peut être diminuée à 3 m comme établi antérieurement.

### *1.2.5.2 Aire de protection intermédiaire*

Les aires de protection intermédiaires sont évaluées selon le temps de transport de l'eau souterraine. Une aire de protection intermédiaire bactériologique est délimitée par un temps de parcours de 200 jours et une aire de protection intermédiaire virologique de 550 jours. En d'autres mots, l'aire de protection englobe le territoire où l'eau souterraine qui y circule va atteindre le puits en 200 et 550 jours. Comme une bactérie et un virus peuvent vivre respectivement 200 et 550 jours dans les eaux souterraines, ces derniers ne pourront pas atteindre le puits s'il s'infiltré dans le sol au-delà de cette limite. La figure suivante est tirée du « guide technique » et illustre de façon schématique les aires de protection.

Figure 14 : Schématisation des aires de protection



Une rencontre a eu lieu le 13 octobre 2019 avec le MELCC pour évaluer la pertinence de construire des piézomètres additionnels telle qu'exigée à l'article 57 du RPEP. Cet article demande d'établir les aires de protections à l'aide de données recueillies dans un minimum de 3 puits aménagés au sein de l'aquifère exploité. Dans le cas présent seuls 2 puits sont disponibles et comme ils sont localisés à 6,5 m l'un de l'autre, il n'est pas possible d'estimer une orientation de l'écoulement de l'eau souterraine. Les puits à l'étude captent un aquifère granulaire situé entre 130 et 150 m de profondeur. De fortes pressions artésiennes ont été observées lors des forages ce qui a grandement compliqué la construction du puits. La profondeur et les pressions artésiennes rendent compliqué la construction de piézomètre additionnel pour déterminer le sens d'écoulement de l'eau pour les raisons suivantes :

- Advenant que le puits soit mal construit, l'eau sous pression pourrait circuler entre les parois de forage et le tubage du puits, la pression artésienne ne pourrait plus être contrôlée et l'eau jaillirait sans arrêt jusqu'à ce que l'aquifère soit épuisé;

- Lors de la construction d'un piézomètre, il est possible qu'un second aquifère soit intercepté. Un lien hydraulique pourrait être créé entre ce nouvel aquifère et celui capté par les puits P-2 et P-3. La qualité de l'eau pourrait alors être grandement altérée;
- Si des piézomètres devaient être construits, une construction robuste devrait être mise en place pour éviter les situations mentionnées précédemment ce qui augmente considérablement les coûts de forage (environ 80 000\$ par piézomètre);
- Il est possible que l'aquifère capté par les puits P-2 et P-3 aquifère ne soit pas intercepté par le piézomètre.

Il a donc été convenu avec le MELCC que si les aires de protection actuelles répondent aux exigences actuelles, comme il a été démontré dans les chapitres précédents, il ne sera pas nécessaire de réévaluer les aires de protection. Une copie des correspondances est jointe à l'annexe 4.

Les aires de protection intermédiaire ont été évaluées comme suit (Mission HGE 2009). Le temps de parcours de l'eau souterraine dans l'aquifère est déterminé à partir de la formule suivante<sup>8</sup> :

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

où

t = temps de transfert de l'eau souterraine, en jours

n = porosité efficace, sans unité

d = distance amont d'un point correspondant au temps de transfert de :

K = conductivité hydraulique de la formation aquifère, en m/d

i = gradient hydraulique, sans unité

Q = débit de pompage, en m<sup>3</sup>/d

b = épaisseur saturée de la formation aquifère, en mètres

Les valeurs propres à cet ouvrage de captage sont les suivantes:

n = 0,25

b = 25,83 mètres

K = 18,92 m/d

i = 0,003

Q = 3 270,4 m<sup>3</sup>/jour

Les résultats montrent une distance de 211 et 386 m pour les aires de protection intermédiaire bactériologique et virologique respectivement. Toutes les valeurs utilisées sont expliquées dans le rapport de l'annexe 1.

---

<sup>8</sup> Bear, J., M. Jacob. On the movement of water bodies injected into aquifers. s.l. : Journal of hydrology,, 1965. vol. 3, pages 37-57.

Le débit de pompage à retenir pour la détermination des aires de protection doit correspondre au débit moyen journalier en tenant compte des besoins en eau sur une période de 30 ans. Une analyse sommaire basée sur l'historique des débits prélevés déclarés en vertu du *Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau* et sur les prévisions démographiques tirées des données statistiques disponibles a été utilisée. Le volume d'eau annuel prélevé entre 2014 et 2018 varie entre 331 265 m<sup>3</sup>/an (2014) et 643 191 m<sup>3</sup>/an (2016) pour une moyenne de 565 568 m<sup>3</sup>/an. Les quatre dernières années, le volume d'eau mensuel est demeuré stable à 557 414 m<sup>3</sup>/an. D'après les données statistiques<sup>9</sup>, on prévoit une hausse de population de 11,8% entre 2016 et 2041 pour la région administrative du Capital national. Comme la consommation d'eau au puits P-2 est demeurée stable durant les 4 dernières années et qu'on prévoit une hausse de population de 11,8%, le débit moyen annuel des quatre dernières années 565 568 m<sup>3</sup> a été haussé de 11,8% pour un total de 632 305 m<sup>3</sup>/an (1 732 m<sup>3</sup>/jour). Le débit de pompage à utiliser pour la détermination des aires de protection serait donc de 1 732 m<sup>3</sup>/jour au lieu de 3 270 m<sup>3</sup>/jour. Cependant le fait d'utiliser un débit de pompage plus élevé assure une protection additionnelle du point de prélèvement. Le débit de pompage de 3 270 m<sup>3</sup>/jour sera donc conservé.

### *1.2.5.3 Aire de protection éloignée*

Une aire de protection éloignée doit être délimitée pour un puits de catégorie 1. L'aménagement d'un réservoir souterrain ou d'un site de forage destiné à rechercher ou à exploiter du pétrole, du gaz naturel ou de la saumure ainsi que l'exécution d'un sondage stratigraphique est interdite dans l'aire de protection éloignée (RPEP, article 66).

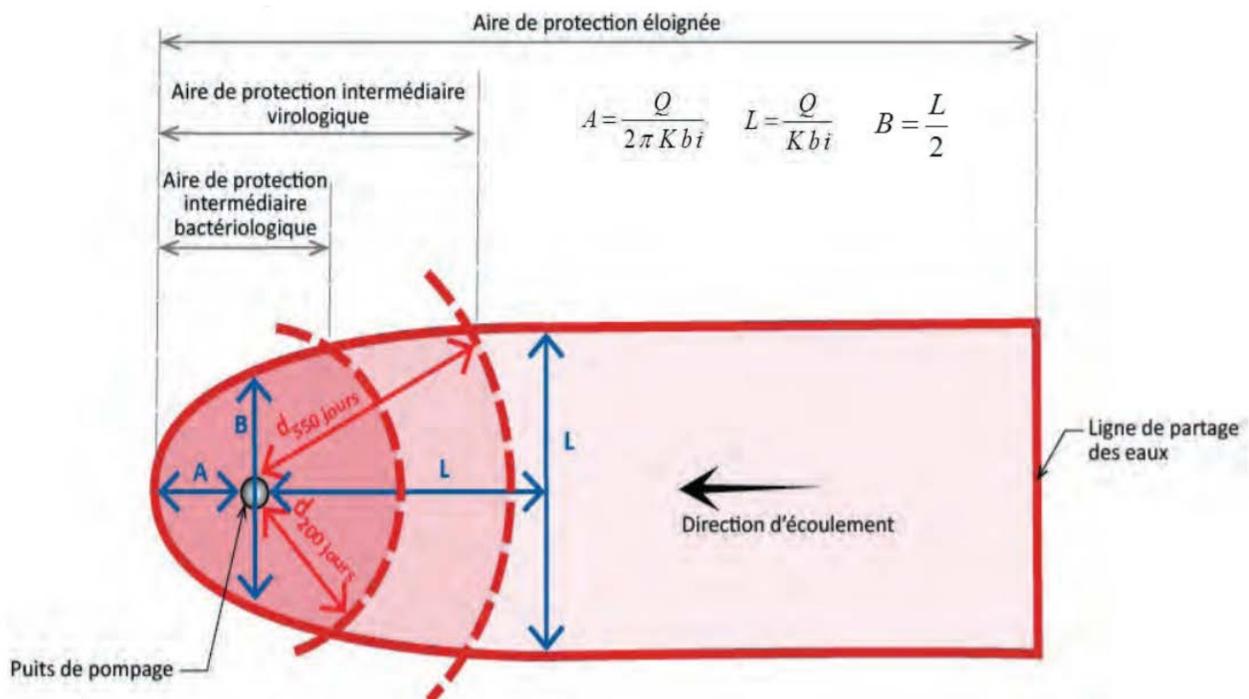
L'équation analytique qui permet de calculer l'aire d'alimentation provient de Todd<sup>10</sup>. Cette méthode permet de délimiter les limites de l'aire d'alimentation avec l'aide de trois formules qui fixe les distances latérales et aval de l'aire de protection comme le montre la figure suivante tirée du « Guide technique ».

---

<sup>9</sup> Institut de la statistique du Québec. Perspective démographique du Québec et des régions. [En ligne] Édition 2019. [www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/perspectives/perspectives-2016-2066.pdf](http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/perspectives/perspectives-2016-2066.pdf).

<sup>10</sup> Todd David Keith. Groundwater hydrology. New-York : John Wiley and Sons, 1980. 535 pages.

Figure 15 : Représentation schématique de la méthode de calcul Todd 1980.



Les valeurs utilisées pour le calcul de A, B et L sont :

- n = 0,25
- b = 25,83 mètres
- K = 18,92 m/d
- i = 0,003
- Q = 3 270,4 m<sup>3</sup>/jour

Les résultats sont de 355 m, 1 115 m, et 2 231 m pour A, B et L respectivement. La méthode et les différents guides demandent d'étirer l'aire de protection éloignée jusqu'à la limite du bassin versant. Compte tenu du caractère captif de l'aquifère et de sa faible vulnérabilité, nous sommes d'avis qu'il n'est pas nécessaire et qu'il n'est pas réaliste d'étirer la limite de l'aire de protection éloignée jusqu'à la limite du bassin versant situé à 33,5 km des puits. L'aire protection a donc été délimitée à 12 km en amont topographique comme dans le passé (Mission HGE 2009). L'annexe 5 montre la délimitation des aires de protection.

#### 1.2.5.4 Datation de l'eau

Compte tenu du contexte particulier du secteur, une datation de l'eau a été effectuée avec l'aide de l'*institut national de recherche scientifique* (INRS). Des échantillons d'eau ont été prélevés le 16 septembre 2019 pour l'analyse de paramètres chimiques et isotopiques. Les résultats ont montré que l'eau captée par le puits P-2 est composée de 5% ou moins d'eau « récente » qui pourrait être affectée par les activités anthropiques.

La majorité de l'eau captée (>95%) circule dans le sol depuis 7000 ans. Les risques de contamination bactériologique (200 jours) et virologique (550 jours) sont donc pratiquement nuls. La vulnérabilité géochimique de l'aquifère capté est jugée faible. L'annexe 6 contient une fiche technique qui présente les résultats en détail.

### 1.3 Niveau de vulnérabilité

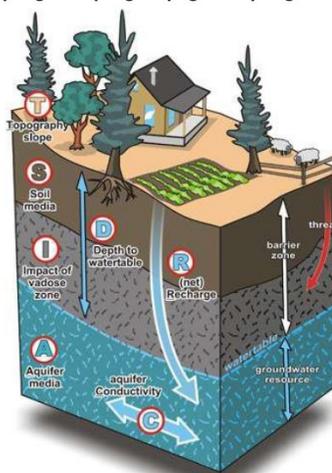
L'article 53 du RPEP demande de statuer sur la vulnérabilité de l'aquifère capté. La vulnérabilité est évaluée avec l'aide de la méthode DRASTIC (10) qui provient de l'acronyme tel qu'illustré par la figure suivante.

$$\text{Indice DRASTIC} = D_P D_C + R_P R_C + A_P A_C + S_P S_C + T_P T_C + I_P I_C + C_P C_C$$



- D = Profondeur (Depth)
- R = Recharge
- A = Aquifère
- S = Sol
- T = Topographie
- I = Impact zone vadose
- C = Conductivité hydraulique

**L'indice "P" correspond au poids associé à chaque paramètre et l'indice "C" correspond à la cote paramétrique.**



Source: Richard Franklin and Robert Turner, GSC, 2009

Figure 16 : Illustration de l'indice DRASTIC

Les résultats donnent un chiffre qui varie entre 23 et 226 selon le degré de la vulnérabilité. L'article 53 du RPEP classe la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines selon trois niveaux : faible ( $\leq 100$ ), moyen (101 à 179) et élevé ( $\geq 180$ ). Le niveau de vulnérabilité oblige certaines restrictions en lien avec les activités agricoles dans les aires de protection intermédiaires. Le tableau suivant indique le résultat obtenu par Mission HGE 2009.

Tableau 3 : Calcul de l'indice DRASTIC

			Cote	Indice
	Paramètres	Poids	Remarque	
D	Profondeur de la nappe (m)	5	Toit de l'aquifère (125 m)	5
R	Recharge annuelle (cm/an)	4	Nul (0)	4
A	Milieu aquifère	3	Sable	24
S	Type de sol	2	Silt argileux	6
T	Topographie (%)	1	Carte topographique (0 à 2 %)	10
I	Incidence de la zone vadose	5	Couche imperméable	5
C	Conductivité hydraulique (m/jour)	3	Essai de pompage (18,72)	12
<b>Valeur de l'indice DRASTIC</b>				<b>66</b>
<b>Vulnérabilité</b>				<b>faible</b>

Dans le cas d'une nappe captive, la **profondeur de la nappe** correspond au toit de l'aquifère qui est à 125 m de profondeur dans le cas de P-2. Compte tenu de la présence d'une couche d'argile dans les aires de protection intermédiaire, la **recharge** de l'aquifère est estimé à moins de 5 cm/an. Le puits capte un **milieu d'aquifère** contenu dans le sable et gravier (cote de 8). Le **type de sol** correspond au premier mètre de sol et, d'après Mission HGE 2009, ce dernier est principalement composé de loam argileux. La **topographie** du secteur est relativement plane (0-2%). L'**impact de la zone vadose** est considéré une couche imperméable. Finalement, un indice DRASTIC de 66 est obtenu, ce qui correspond à une vulnérabilité faible. Compte tenue de la faible dimension des aires de protection intermédiaire et de la grande étendu de la couche d'argile, nous sommes d'avis qu'un indice de vulnérabilité faible peut-être appliquer à l'ensemble des aires de protection intermédiaire. Ce résultat est appuyé par la datation de l'eau qui indique un faible degré de la vulnérabilité géochimique.

## 1.4 Discussion sur la qualité et la pérennité des résultats

Le contexte hydrogéologique dans le secteur des puits P-2 et P-3 est singulier. L'épaisseur des dépôts meubles (> 250 m), la profondeur de l'aquifère capté (125-152 m), les conditions artésiennes importantes (niveau d'eau >17 m au-dessus du sol) rendent l'analyse de vulnérabilité plus difficile. En particulier les aires de protection sont plus difficiles à établir avec trois points d'observation. Cependant, l'épaisseur de silt argileux (73 m) vient assurer une excellentement protection à l'aquifère capté par les puits P-2 et P-3. La datation de l'eau et les résultats d'analyse de l'eau indiquent également que l'aquifère est très faiblement vulnérable. Une délimitation précise des aires de protection n'aurait donc pas d'impact sur les activités à proscrire dans le secteur.

Si des informations additionnelles nous permettent de mieux connaître la géométrie de l'aquifère et la profondeur des niveaux d'eau, il pourrait être pertinent de réaliser une modélisation numérique pour délimiter les aires de protection plus précisément. Mais le résultat ne permettrait pas de mieux protéger

l'aquifère contre les contaminants de surface, mais de mieux évaluer la quantité d'eau disponible et a assuré sa pérennité. Pour toutes ces raisons, nous sommes d'avis que les aires de protection actuelle offrent une protection de la ressource en eau adéquate.

Il serait très pertinent d'installer un système de suivi de niveau d'eau (pressions) dans les puits P-2 et P-3 et du volume d'eau exploité dans un court intervalle (< 30 minutes). Ces données nous permettraient de nous assurer que l'aquifère n'est pas sur exploité et/ou que les puits ne se colmatent pas.

# ANNEXE 1

Rapport Mission HGE 2009

Québec, le 11 novembre 2009

Monsieur Jean Daniel, ing.  
Directeur des travaux publics  
Ville de Baie-Saint-Paul  
15, rue Forget  
Baie-Saint-Paul (Québec) G3Z 3G1

**Objet : Construction des puits P-2 et P-3  
Ville de Baie-Saint-Paul  
N/Réf. : 09101-101**

Monsieur,

Nous avons le plaisir de vous transmettre deux (2) copies de notre rapport technique concernant le dossier mentionné en rubrique.

Nous espérons le tout à votre entière satisfaction et demeurons à votre disposition pour tout renseignement additionnel qui pourrait vous être utile.

Veillez agréer, Monsieur, l'expression de nos salutations les plus distinguées.

RL/gc

René Lamontagne, ing., hydrogéologue  
Chargé de projets senior

p.j.

## Ville de Baie-Saint-Paul

### Construction des puits P-2 et P-3 Rapport technique

N/Réf. : 09101-101      Le 11 novembre 2009

Rédigé par : \_\_\_\_\_  
Gaëlle Carrier, ing.  
Chargée de projets

Révisé par : \_\_\_\_\_  
René Lamontagne, ing.  
Chargé de projets senior – Hydrogéologue

Et : \_\_\_\_\_  
Gilles Michaud, ing.  
Chargé de projets senior – Hydrogéologue

Approuvé par : \_\_\_\_\_  
Michel R. Caron, ing.  
Associé – Président

**MissionHGE inc.**

*Pour toute question relative à ce dossier, veuillez contacter les rédacteurs de ce document (premiers signataires), au (418) 872-1161.*

## Table des matières

<b>1.0</b>	<b>Introduction</b> -----	<b>1</b>
1.1	Mise en situation et mandat -----	1
1.2	Calendrier des travaux-----	1
<b>2.0</b>	<b>Contextes du secteur d'étude</b> -----	<b>3</b>
2.1	Contexte géographique -----	3
2.2	Contexte géologique -----	3
2.3	Contextes hydrographique et topographique -----	3
<b>3.0</b>	<b>Construction des puits P-2 et P-3</b> -----	<b>7</b>
3.1	Construction du puits P-2-----	7
3.2	Transformation du forage exploratoire BSP-7 en puits P-3 -----	8
<b>4.0</b>	<b>Essais de pompage aux puits P-2 et P-3</b> -----	<b>10</b>
4.1	Remontée de la nappe aquifère -----	10
4.2	Essais de pompage à paliers multiples-----	10
4.2.1	Essai de pompage à paliers multiples au puits P-2 -----	11
4.2.2	Essai de pompage à paliers multiples au puits P-3 -----	12
4.3	Essais de pompage de longue durée et de remontée-----	13
4.3.1	Méthodologie -----	13
4.3.2	Résultats -----	14
4.4	Propriétés hydrauliques de l'aquifère -----	16
4.4.1	Transmissivité (T)-----	16
4.4.2	Conductivité hydraulique (k) -----	16
4.4.3	Coefficient d'emmagasinement (S) -----	17
4.4.4	Capacité spécifique (Q/s)-----	17
<b>5.0</b>	<b>Débits d'exploitation des puits P-2 et P-3</b> -----	<b>19</b>
5.1	Capacité théorique de production-----	19
5.2	Potentiel de captation de la nappe aquifère -----	20
5.3	Débits d'exploitation-----	20
<b>6.0</b>	<b>Échantillonnage et analyses de l'eau souterraine</b> -----	<b>22</b>
<b>7.0</b>	<b>Caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère sollicité</b> -----	<b>25</b>
7.1	Gradient hydraulique (i) -----	25
7.2	Transmissivité (T)-----	25
7.3	Épaisseur saturée (b)-----	25
7.4	Porosité (n)-----	26
7.5	Débit d'exploitation (Q) -----	26
7.6	Aire d'alimentation des puits P-2 et P-3-----	26
<b>8.0</b>	<b>Aires de protection et vulnérabilité de l'aquifère</b> -----	<b>29</b>
8.1	Généralités -----	29
8.2	Cadre réglementaire-----	29
8.3	Aires de protection des puits P-2 et P-3 et inventaire des activités-----	32
8.4	Vulnérabilité de l'aquifère et indice DRASTIC -----	33
8.5	Réglementation applicable aux puits P-2 et P-3 -----	34
<b>9.0</b>	<b>Impact sur l'environnement, les autres usagers et la santé publique</b> -----	<b>36</b>
9.1	Impact sur l'environnement-----	36
9.2	Impact sur les autres usagers -----	36
9.3	Impact sur la santé publique -----	36

## Table des matières (suite)

<b>10.0 Conclusion et recommandations</b> .....	<b>37</b>
10.1 Conclusion.....	37
10.2 Recommandations.....	39

### Liste des figures

Figure 1 :	Localisation du secteur d'étude.....	4
Figure 2 :	Géologie du socle rocheux .....	5
Figure 3 :	Géologie des dépôts meubles .....	6
Figure 4 :	Aire d'alimentation des puits P-2 et P-3.....	28
Figure 5 :	Aires de protection des puits P-2 et P-3 .....	35

### Liste des tableaux

Tableau 1 :	Calendrier des travaux .....	2
Tableau 2.1 :	Données de l'essai de pompage à paliers multiples réalisés au puits P-2.....	11
Tableau 2.2 :	Données corrigées de l'essai de pompage à paliers multiples réalisés au puits P-2 .....	12
Tableau 3.1 :	Données de l'essai de pompage à paliers multiples réalisés au puits P-3.....	12
Tableau 3.2 :	Données corrigées de l'essai de pompage à paliers multiples réalisés au puits P-3 .....	13
Tableau 4 :	Résultats d'analyses au puits P-2.....	23
Tableau 5 :	Résultats d'analyses au puits P-3.....	24
Tableau 6 :	Aire d'alimentation des puits P-2 et P-3.....	27
Tableau 7 :	Dispositions particulières au milieu agricole pour les ouvrages de captage.....	31
Tableau 8 :	Dispositions à prendre lors d'une contamination en nitrates.....	31
Tableau 9 :	Aire de protection rapprochée des puits P-2 et P-3.....	32
Tableau 10 :	Sommaire des résultats obtenus aux puits P-2 et P-3.....	39

### Liste des annexes

Annexe 1 :	Analyses granulométriques
Annexe 2 :	Rapport de forage et schémas d'aménagement des ouvrages
Annexe 3 :	Document photographique
Annexe 4 :	Données de pompage et graphiques d'interprétation
Annexe 5 :	Certificats d'analyses
Annexe 6 :	Aires d'alimentation et de protection des puits P-2 et P-3
Annexe 7 :	Évaluation de la vulnérabilité de la nappe aquifère selon la méthode DRASTIC

## Table des matières (suite)

### Distribution

2 copies :        Monsieur Jean Daniel  
                          Ville de Baie-Saint-Paul

1 copie :            MissionHGE inc.

## 1.0 Introduction

### 1.1 Mise en situation et mandat

La ville de Baie-Saint-Paul s'approvisionne en eau potable par l'intermédiaire d'un puits tubulaire profond identifié P-1. Ce dernier est localisé au nord de la ville, à proximité de la rivière de La Mare. Pour répondre à ses besoins en eau potable, la ville de Baie-Saint-Paul a entrepris un programme de recherche en eau souterraine afin de trouver une seconde source d'approvisionnement qui lui permettrait de combler ses besoins actuels et projetés avec l'aménagement d'un ouvrage de captage dont la qualité de l'eau ne nécessiterait pas de traitement. Le débit recherché par la ville pour combler ses besoins à long terme est de l'ordre de 125 à 175 m<sup>3</sup>/heure (550 à 770 guspm).

Dans le cadre des travaux de recherche en eau, le forage exploratoire BSP-7 a été réalisé. Ce dernier a permis d'identifier une formation aquifère captive de fort potentiel dans l'intervalle de profondeur compris entre 128 et 153 mètres. La formation aquifère, constituée de sable, est sous-jacente à des horizons imperméables composés de silt sableux, de silt argileux et de sable fin à moyen avec des interlits de silt argileux. Les conditions hydrogéologiques qui prévalent au site de ce forage font en sorte que l'eau s'écoule de façon naturelle au-dessus du tubage d'acier présent pour retenir les dépôts non consolidés. Les travaux réalisés au site du forage exploratoire BSP-7 ont permis de déterminer que l'aquifère présent à cet endroit présente un fort potentiel et une qualité d'eau qui rencontre les normes en vigueur.

À la suite de ces travaux et suivant les recommandations émises dans notre rapport technique daté du 10 février 2009<sup>1</sup>, la ville de Baie-Saint-Paul a mandaté notre firme, MissionHGE inc., pour procéder à la construction d'un puits (P-2) de plus grand diamètre à proximité du forage exploratoire BSP-7. Le but visé par la construction du puits P-2 était d'établir, à l'aide d'essais de pompage, le potentiel de la formation aquifère mise à jour, tant au niveau quantitatif que qualitatif. Le mandat incluait également la transformation du forage exploratoire BSP-7 en puits de captage (P-3).

Le présent document consigne l'ensemble des informations recueillies durant la construction des puits P-2 et P-3 et la réalisation des essais de pompage avec échantillonnage et analyse d'eau. Pour répondre aux exigences de la réglementation sur le captage des eaux souterraines du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP), le rapport inclut également la détermination des aires de protection autour des puits P-2 et P-3 ainsi que l'évaluation de la vulnérabilité de l'aquifère sollicité par ces derniers.

### 1.2 Calendrier des travaux

Les travaux effectués dans le cadre de notre mandat ont été réalisés selon l'échéancier présenté au tableau 1 ci-après.

---

1. MisisonHGE inc., *Forage exploratoire dans la vallée de la rivière du Gouffre*, Ville de Baie-Saint-Paul, rapport technique, N/Réf. : 07320-201, 10 février 2009.

**Tableau 1**  
**Calendrier des travaux**

Date	Travaux
24 novembre au 2 décembre 2008	Forage du puits P-2 et mise en place de la collerette de protection
11 au 27 février et 2 au 12 mars 2009	Forage du puits P-2, analyses granulométriques et choix de la crépine
1 <sup>er</sup> avril 2009	Obtention de l'autorisation pour la commande de la crépine
2 au 20 avril 2009	Attente de la crépine
22 au 27 avril 2009	Installation de la crépine
27 avril au 6 mai 2009	Développement du puits P-2
11 au 13 mai 2009	Mise en place de collerettes de ciment-bentonite aux puits P-2 et P-3
15 mai au 8 juillet 2009	Essais de remontée jusqu'à la stabilisation du niveau de la nappe aquifère
8 et 9 juillet 2009	Essai de pompage par paliers aux puits P-2 et P-3
13 juillet au 8 octobre 2009	Essais de pompage aux puits P-2 et P-3 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Essai de pompage de 49 jours</li> <li>• Échantillonnage et analyse de l'eau souterraine</li> <li>• Essai de remontée de 38 jours</li> </ul>
Juillet à octobre 2009	Synthèse des données et rédaction du rapport

## 2.0 Contextes du secteur d'étude

### 2.1 Contexte géographique

La carte topographique situant la partie centrale de la ville de Baie-Saint-Paul est présentée à la figure 1. Cette dernière montre les limites du territoire appartenant à la ville de même que le réseau de drainage de surface et les courbes topographiques. La localisation du puits P-1 actuellement en exploitation, des nouveaux puits P-2 et P-3 et du piézomètre BSP-8 est également présentée sur cette figure.

La ville de Baie-Saint-Paul est située dans la MRC de Charlevoix. Son territoire municipal, d'une superficie de 546,76 km<sup>2</sup>, est situé au nord du fleuve Saint-Laurent et est traversé par la route provinciale 138 (boulevard Monseigneur-de-Laval). Il est borné au nord par les municipalités de Lac-Pikauba, Saint-Urbain et Saint-Hilarion, à l'ouest par celle de Lac-Jacques-Cartier, au sud par Petite-Rivière-Saint-François et à l'est par Les Éboulements.

### 2.2 Contexte géologique

La ville de Baie-Saint-Paul est localisée dans la province géologique du Grenville. Un examen de la carte géologique illustrée à la figure 2 révèle que dans le secteur du puits P-1, le socle rocheux est composé de migmatite, soit une roche de composition granitique. En périphérie de ce secteur, les roches sont principalement de nature ignée (mangérite) ou métamorphique (paragneiss, gneiss, amphibolite, etc.), mais on retrouve également, plus au sud, des zones de calcaire et de grès.

Dans le secteur des puits P-2 et P-3, le socle rocheux est recouvert par une grande épaisseur de dépôts meubles. Ces dépôts sont composés de matériaux granulaires d'âge quaternaire identifiés à du sable et du gravier en surface.

La géologie des dépôts meubles dans le secteur de Baie-Saint-Paul est illustrée à la figure 3. Dans les zones montagneuses, les dépôts sont identifiés principalement à du till indifférencié (1A), dont l'épaisseur moyenne est inférieure à 1 mètre. Dans le secteur du puits P-1, les dépôts meubles sont d'origine fluviatile et constitués principalement de sable et de gravier avec une proportion variable mais faible de limon et d'argile. Ceux-ci sont identifiés par le chiffre 3 sur la figure 3. Autour de cette zone, on retrouve des dépôts marins (5A + 5S), des dépôts proglaciaires d'épandage (2BE) et du till indifférencié (1A). Dans le secteur des puits P-2 et P-3, les dépôts sont identifiés 5A et seraient majoritairement composés d'argile.

### 2.3 Contextes hydrographique et topographique

L'axe de drainage principal dans la ville de Baie-Saint-Paul est celui de la rivière du Gouffre. Cette dernière s'écoule majoritairement du nord vers le sud en direction du fleuve Saint-Laurent. Les puits P-2 et P-3 sont situés dans la vallée de la rivière, à 1,5 kilomètre au nord du fleuve Saint-Laurent. De part et d'autre de la vallée, le relief est très accidenté et la topographie est caractérisée par des pentes de l'ordre de 8 à 10 %. Au fond de la vallée, le relief est beaucoup plus plat et la pente du terrain est de l'ordre de 0,3 % vers le sud. Dans le secteur des puits P-2 et P-3, l'élévation du terrain naturel est de l'ordre de 9 mètres et dans le secteur du puits P-1, l'élévation est de 50 mètres par rapport au niveau moyen de la mer.



**Légende:**

- Puits municipal exploité
- Puits
- ⊕ Forage
- Limite municipale

N

0 500m 1000m 1500m 2000m 2500m



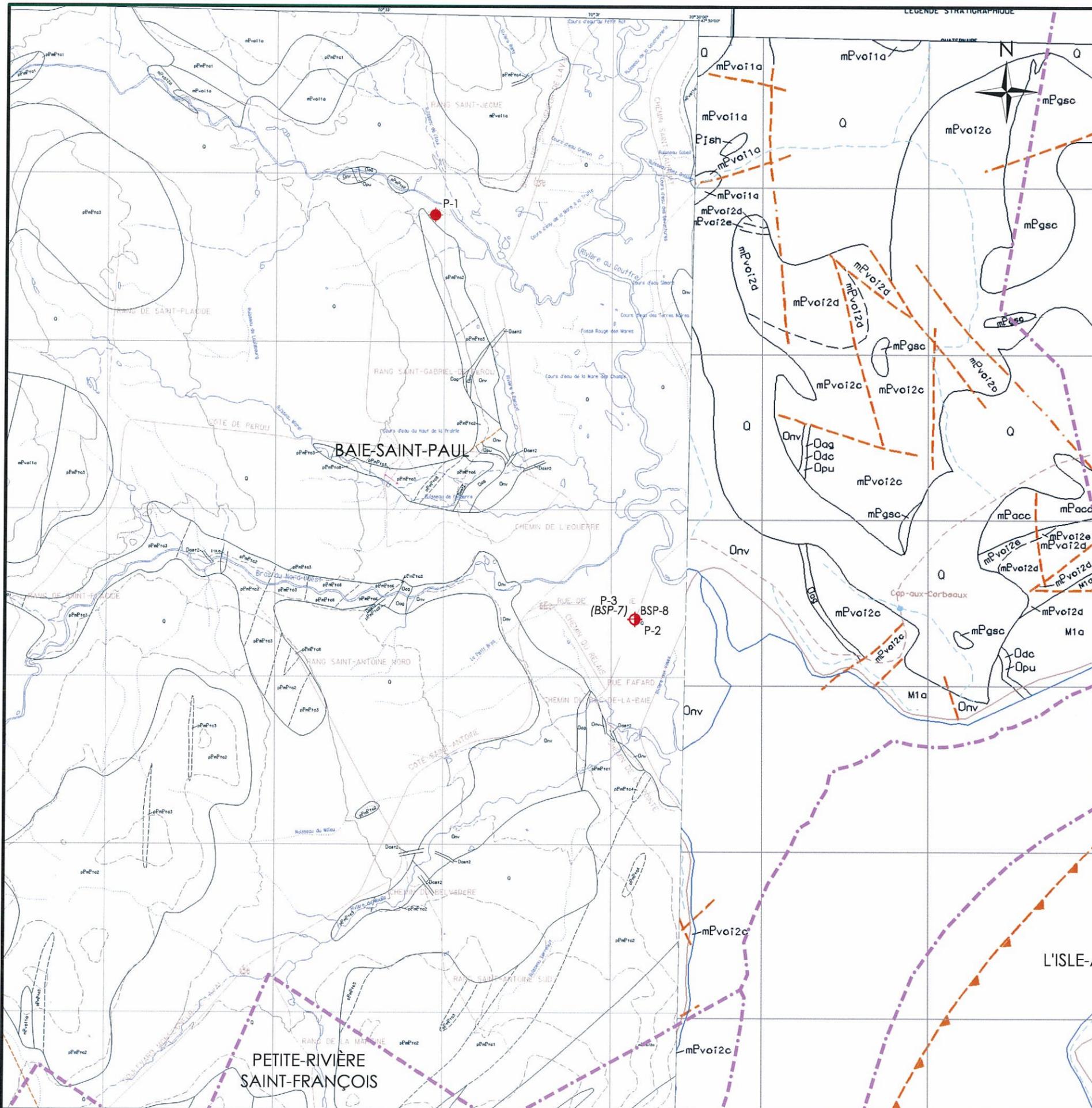
**MissionHGE**  
Génie de l'eau  
et de l'environnement

CLIENT: VILLE DE BAIE-SAINT-PAUL

PROJET: CONSTRUCTION DES PUIITS P-2 ET P-3

FIGURE: FIGURE 1  
LOCALISATION DU SECTEUR D'ÉTUDE

PROJET: 09101-101	ÉCHELLE: 1 : 50 000	DATE: 2009-09-17
CONCEPTION: R.LAMONTAGNE	DESIGNÉ PAR: P.LACHANCE	VÉRIFIÉ PAR: G.MICHAUD
VERSION: 1	CARTE DE REF.: CARTE TOPO. 21M07-202 & 21M08-201	NUMÉRO DE DESSIN: 09101-101-FIGURE #1



**Légende:**

- Puits municipal exploité
- Puits
- ⊕ Forage
- - - Limite municipale

**Légende de la géologie du socle rocheux**

--- Quaternaire ---	--- Ordovicien ---
Q    Sable et gravier	Groupe de Trenton
--- Dévonien ---	Formation de Neuville
Astroblème de Charlevoix	Onv    Calcaire noir avec joints argileux, bentonite
Roches dérivées de l'impact météoritique	Formation de Deschambault
Dast2    Myolisthénite	Odc    Calcaire blanc ou brun massif
--- Domaine du Parc des Laurentides ---	Formation de Pont-Rouge
Complexe charnockitique de Charlevoix	Opu    Calcaire gréseux, calcaire argileux
Faciès gneissique concordant à la foliation régionale	Formation de Cap-à-l'Aigle
mPvoi1a   Migmatite charnockitique et roches associées	Oag    Grès arkosique, grès calcaireux
Faciès massif concordant à la foliation régionale	--- Mésoprotérozoïque ou Néoprotérozoïque ---
mPvoi1c   Charnockite à grenat	Injections le long de certaines zones de failles
mPvoi1d   Charnockite à grain grossier	M1a    Mélange de gneiss, migmatite et injections charnockitiques
mPvoi1e   Mangérite	Ilka    Alaskite, pegmatite, aplité
Jotunite de Saint-Hilarion-du-Lac	--- Paléoprotérozoïque ou Mésoprotérozoïque ---
mPjsh    Jotunite	Supergroupe de Baie-Comeau
Faciès discordant à la foliation régionale	Groupe de Saint-Tite-des-Caps
Opdalite de Sainte-Anne-du-Nord	pPmPtc8   Gneiss quartzeux
mPosa    Opdalite	pPmPtc6   Paragneiss à sillimanite (grenat)
Suite anorthositique de Charlevoix	pPmPtc4   Amphibolite
Anorthosite de Cap-aux-Corbeaux	pPmPtc3   Migmatite à sillimanite et grenat
mPacc    Anorthosite	pPmPtc2   Migmatite grise à biotite (hornblende), amphibolite
Gabbro du rang Sainte-Catherine	pPmPtc1   Migmatite rose à grenat et gneiss indifférencié
mPgsc    Gabbro	

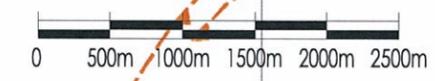
**MissionHGE**  
Génie de l'eau et de l'environnement

CLIENT: VILLE DE BAIE-SAINT-PAUL

PROJET: CONSTRUCTION DES PUIITS P-2 ET P-3

FIGURE: FIGURE 2 GÉOLOGIE DU SOCLE ROCHEUX

PROJET: 09101-101	ECHÉLLE: 1 : 50 000	DATE: 2009-09-17
CONCEPTION: R.LAMONTAGNE	DESIGNÉ PAR: P.LACHANCE	VÉRIFIÉ PAR: G.MICHAUD
VERSION: 1	CARTE DE REF: COMPILATION SIGÉOM 21M07 & 21M08	NUMÉRO DE DESSIN: 09101-101-FIGURE #2



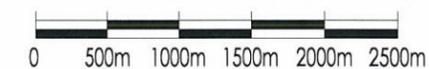


Légende:

- Puits municipal exploité
- Puits
- ⊕ Forage
- Limite municipale

Légende de la géologie des dépôts de surface

- IA Till indifférencié
- 1AR Till indifférencié mince
- 2A Dépôts constitués de sable, gravier, cailloux, pierres et parfois de blocs
- 3 Dépôts fluviaux
- 2BD Dépôts fluvio-glaciaires
- 2BE Épandage
- 5A Dépôts constitués d'argile
- 5S Dépôts constitués de sable et parfois de gravier
- 7 Dépôts constitués d'une accumulation de matières organiques plus ou moins décomposées
- R Substratum rocheux



CLIENT: VILLE DE BAIE-SAINT-PAUL

PROJET: CONSTRUCTION DES PUIITS P-2 ET P-3

FIGURE: FIGURE 3  
GÉOLOGIE DES DÉPÔTS MEUBLES

PROJET: 09101-101	ÉCHELLE: 1 : 50 000	DATE: 2009-09-17
CONCEPTION: R.LAMONTAGNE	DESIGN PAR: P.LACHANCE	VÉRIFIÉ PAR: G.MICHAUD
VERSION: 1	CARTÉ DE REF.: COMPILATION S.J.F. 21M07 & 21M08	NUMÉRO DE DESSIN: 09101-101-FIGURE #3

### 3.0 Construction des puits P-2 et P-3

#### 3.1 Construction du puits P-2

Le puits P-2 a été construit à 6,48 mètres au sud du forage exploratoire BSP-7. Les travaux ont été exécutés par la compagnie Samson et Frères inc., sous la supervision de notre firme, MissionHGE inc. Les travaux ont débuté par la réalisation d'un forage de 40,64 centimètres de diamètre sur une profondeur de 18,82 mètres afin de permettre la mise en place de la collerette de protection. Par la suite, le forage a été diminué à 30,48 centimètres de diamètre jusqu'à une profondeur de 61,38 mètres. Un tubage en acier de même diamètre a été installé jusqu'au fond du forage. Une collerette de ciment-bentonite a ensuite été mise en place dans l'intervalle de profondeur compris entre 0 et 18,82 mètres. Cette dernière assure une protection adéquate contre l'infiltration d'eau de surface le long du tubage du puits. Les travaux se sont poursuivis par le forage et la mise en place d'un tubage de 20,32 centimètres de diamètre jusqu'à une profondeur de 152,72 mètres. Considérant les fortes conditions artésiennes à l'emplacement du puits P-2 et les difficultés rencontrées lors de l'avancement du forage<sup>2</sup>, il a été convenu avec les différents intervenants de ne pas forer plus en profondeur.

Lors de la réalisation des différentes phases du forage, des échantillons de sols ont été prélevés à 1,5 mètre d'intervalle et ont servi à dresser le profil stratigraphique suivant :

Profondeur (mètres)		Description lithologique
de	à	
0,00	0,61	Remblai : sable, gravier, cailloux et blocs
0,61	3,05	Sable fin silteux, traces de sable grossier et gravier, gris
3,05	6,10	Sable fin, un peu de silt, traces de sable grossier et de gravier, gris
6,10	12,19	Sable fin silteux
12,19	61,87	Silt argileux avec interlits de silt sableux
61,87	85,34	Silt argileux, gris
85,34	87,48	Silt argileux, traces de sable, gris
87,48	109,12	Sable fin, traces de silt, interlits de silt argileux, présence de coquillages, gris-noir
109,12	124,97	Sable fin, traces de silt, de sable moyen et de gravier, interlits de silt argileux
124,97	126,49	Sable fin à grossier, traces de gravier fin, interlits de silt argileux, gris-brun
126,49	137,16	Sable fin à grossier, un peu de gravier fin à moyen, brun-gris
137,16	146,30	Sable fin à grossier, un peu de gravier fin, traces de gravier moyen, brun-gris
146,30	152,72	Sable fin à grossier, traces de gravier fin à moyen, brun-gris
152,72	---	Fin du forage

2. Lors de la construction du puits, des remontées de sable et gravier sont survenues à 137,2 mètres de profondeur en raison des fortes pressions artésiennes, ce qui a eu pour conséquence d'immobiliser les tiges de forage dans le tubage d'acier. L'entrepreneur a essayé de remédier à la situation, mais devant l'impossibilité de retirer les tiges de forage, une autre solution devait être envisagée. La seule solution à envisager afin d'éviter la perte du forage et des équipements était de procéder au retrait simultané du tubage et des tiges de forage et de recommencer le forage.

La formation aquifère interceptée au droit du puits P-2 est présente dans l'intervalle de profondeur compris entre 126,49 et 152,72 mètres et est constituée de sable fin à grossier et d'un peu de gravier. Elle est recouverte d'une importante couche de silt argileux. Cette séquence stratigraphique indique que la formation aquifère présente à cet endroit est une nappe captive, c'est-à-dire que l'aquifère est surmonté d'une couche géologique imperméable (couche de confinement). Le débit d'eau extrait par pompage d'une nappe captive provient du mouvement de l'eau souterraine dans l'aquifère. Sa recharge provient latéralement d'une aire d'alimentation où l'unité affleure en surface. La contribution du débit pompé provenant de la couche de confinement est négligeable.

Afin de préciser la nature de la formation aquifère interceptée au site du puits P-2, 16 essais granulométriques ont été effectués sur les échantillons de sols recueillis lors de l'avancement du forage. Les essais ont été effectués entre 128,02 et 152,40 mètres de profondeur. Les résultats de ces derniers sont consignés à l'annexe 1 du présent document et nous ont permis de déterminer les caractéristiques physiques de la crépine à commander pour la construction du puits P-2. Les caractéristiques sont les suivantes :

- Type : télescopique
- Diamètre : 20,32 centimètres
- Longueur : 18,96 mètres
- Ouverture : 1,524 millimètre (n° 60)

La crépine, soudée à un manchon de 2,26 mètres de longueur, a été aménagée dans l'intervalle de profondeur compris entre 133,76 et 152,72 mètres. Après l'installation de la crépine, le tubage extérieur de 20,32 centimètres de diamètre a été retiré jusqu'à une profondeur de 133,81 mètres de façon à libérer la zone crépinée. Le puits a ensuite été développé par émulsion d'air afin d'obtenir une eau limpide en condition d'exploitation. Finalement, après les travaux de développement, un mélange de ciment-bentonite a été injecté entre les tubages de 20,32 et 30,48 centimètres de diamètre afin d'empêcher toute venue d'eau. Le rapport de forage du puits P-2, comprenant le schéma d'aménagement du puits et la stratigraphie interceptée lors de l'avancement du forage, est présenté à l'annexe 2 du présent document. Un document photographique présentant les différentes phases de la construction du puits P-2 figure à l'annexe 3.

### 3.2 Transformation du forage exploratoire BSP-7 en puits P-3

Afin d'avoir une source d'approvisionnement en eau sécuritaire, le forage exploratoire BSP-7 réalisé à l'automne 2008 a été transformé en puits de captage (P-3). Considérant les contraintes et les risques élevés de rupture si l'on procédait au retrait du tubage, aucune crépine n'a été installée dans l'ouvrage. Le puits P-3 est donc aménagé à bout de tubage<sup>3</sup>. Pour assurer une protection adéquate contre l'infiltration d'eau de surface le long du tubage du puits, une collerette de ciment-bentonite de 25,4 centimètres de diamètre a été mise en place dans l'intervalle de profondeur compris entre 0 et 12,33 mètres. Le rapport de forage du puits P-3, comprenant le schéma

---

3. Avant de poursuivre les travaux de caractérisation au puits P-3, une rencontre a eu lieu avec le MDDEP pour s'assurer qu'un certificat d'autorisation serait accordé pour l'exploitation de ce puits, même s'il n'est pas muni d'une crépine dans sa partie basale.

d'aménagement du puits et la stratigraphie interceptée lors de l'avancement du forage, est présenté à l'annexe 2 du présent document.

À titre informatif, le rapport de forage du piézomètre BSP-8 est également consigné à l'annexe 2. Ce dernier est présent à 8,31 mètres à l'est du puits P-3. Il a été aménagé dans les dépôts meubles localisés en surface afin de vérifier l'existence d'un lien hydraulique entre l'aquifère de surface et l'aquifère profond (nappe captive).

## 4.0 Essais de pompage aux puits P-2 et P-3

Différents essais de pompage ont été réalisés aux puits P-2 et P-3 dans le but de vérifier la capacité des ouvrages de captage, de connaître le potentiel de la formation aquifère mise à jour, tant au niveau quantitatif que qualitatif, et de connaître les propriétés hydrauliques de la formation aquifère.

### 4.1 Remontée de la nappe aquifère

Il est important de mentionner ici que les puits P-2 et P-3 sont jaillissants, c'est-à-dire que la surface piézométrique de l'aquifère se situe au-dessus de la surface naturelle du terrain (l'eau s'écoule en surface sans qu'on ait besoin de pomper). Afin de contrôler ou d'empêcher l'écoulement de l'eau, des vannes ont été mises en place à la tête des puits.

Avant de démarrer un essai de pompage, il est recommandé d'attendre que le niveau piézométrique de la nappe aquifère soit revenu à des conditions statiques. L'obtention préalable d'un niveau statique simplifie les analyses de la phase du pompage et de la phase de la remontée attribuable à ce pompage.

Afin de démarrer les essais de pompage aux puits P-2 et P-3 en condition statique, les vannes installées à la tête des puits ont été fermées le 15 mai 2009. Le suivi de la remontée de l'eau a été effectué au puits P-3 à l'aide d'un manomètre en suivant les variations de la pression d'eau. Les données recueillies ont été converties de façon à connaître la position du niveau d'eau par rapport au sommet du tubage. Afin d'obtenir des lectures continues et plus précises, le suivi de la remontée a également été réalisé à l'aide d'un capteur de pression muni d'un système d'acquisition automatique de données, aussi appelé *logger*. Le capteur de pression, immergé dans le puits, enregistre la pression de la colonne d'eau et une conversion des données recueillies nous permet de connaître la position du niveau piézométrique par rapport au niveau de référence que constitue le haut du tubage de l'ouvrage. Durant la période du suivi, la fréquence d'enregistrement a été fixée aux dix minutes.

La remontée de la nappe aquifère s'est déroulée sur une période de 54 jours, soit du 15 mai au 8 juillet 2009. Au terme de la remontée, le manomètre du puits P-3 indiquait une pression d'eau de 26,25 psi, correspondant à une colonne d'eau au-dessus du tubage de 18,658 mètres. Considérant la longueur de la colonne d'eau, les tubages transparents permettant la prise manuelle et directe du niveau d'eau dans les puits n'ont pas été installés. Ainsi, il a été convenu que le suivi du niveau piézométrique lors des essais de pompage serait réalisé à l'aide des manomètres et, pour avoir des lectures plus précises, à l'aide des *loggers*.

### 4.2 Essais de pompage à paliers multiples

Lorsqu'un ouvrage de captage est complété, il est nécessaire de vérifier son rendement ainsi que les caractéristiques de la nappe aquifère sollicitée à l'aide d'essais de pompage s'ajustant aux conditions rencontrées. Le rabattement mesuré dans un puits de captage est fonction de plusieurs paramètres :

- les pertes de charge dans la formation aquifère (rabattement théorique);
- les pertes de charge occasionnées par les travaux de forage qui sont ensuite théoriquement éliminées par les travaux de développement;
- les pertes de charge attribuables aux ouvertures de la crépine;
- les pertes de charge dans les conduites d'amenée de l'eau (tuyaux, tubages, raccords, valves, etc.).

Mentionnons que les pertes de charge dans la formation aquifère sont inévitables et dépendent essentiellement des propriétés de la formation. Un puits parfait, dans lequel il n'y a aucune perte de charge autre que ce que la formation aquifère impose, a une efficacité de 100 %.

Dans le but de connaître les pertes de charge d'un ouvrage de captage, il est nécessaire de procéder à la réalisation d'un essai de pompage à paliers multiples. Ce type d'essai permet d'obtenir les informations de base concernant l'efficacité de l'ouvrage de captage et ainsi de fixer adéquatement le débit d'exploitation pour la réalisation d'un essai de pompage prolongé. De plus, si l'efficacité d'un ouvrage de captage est très faible, en fonction des objectifs à atteindre, ce type d'essai permet d'apporter les correctifs nécessaires avant la réalisation d'un essai de pompage prolongé.

#### 4.2.1 Essai de pompage à paliers multiples au puits P-2

L'essai, qui comportait quatre paliers successifs, a été réalisé le 8 juillet 2009. Le tableau 2.1 présente les données de l'essai de même qu'une évaluation de la capacité spécifique pour un pompage de courte durée. Les données récoltées durant le pompage par paliers figurent à l'annexe 4 du rapport.

**Tableau 2.1**  
**Données de l'essai de pompage à**  
**paliers multiples réalisé au puits P-2**

Palier	Durée min	Débit m <sup>3</sup> /min (guspm)	Rabattement m	Capacité spécifique m <sup>3</sup> /min/m (guspm/m)
1	120	0,7571 (200,0)	0,951	0,7961 (210,3)
2	120	1,5142 (400,0)	2,183	0,6936 (183,2)
3	120	2,2712 (600,0)	3,802	0,5974 (157,8)
4	120	3,0283 (800,0)	5,738	0,5278 (139,4)

L'augmentation progressive du débit de 0,7571 à 3,0283 m<sup>3</sup>/min (200 à 800 guspm) laisse entrevoir la présence de fortes pertes de charge dans l'ouvrage de captage. Dans le cas présent, il est nécessaire d'éliminer les pertes de charge attribuables au tubage du puits car l'eau est acheminée à la surface sans l'utilisation d'un système de pompage. Pour connaître l'efficacité réelle du puits P-2, il a été nécessaire d'éliminer les pertes de charge attribuables au tubage du puits en utilisant l'équation de Hazen-William<sup>4</sup>. Le tableau suivant présente les données corrigées de l'essai de pompage à paliers multiples et la capacité spécifique réelle du puits P-2.

4. [http://www.engineeringtoolbox.com/hazen-williams-water-d\\_797.html](http://www.engineeringtoolbox.com/hazen-williams-water-d_797.html)

**Tableau 2.2**  
**Données corrigées de l'essai de pompage**  
**à paliers multiples réalisé au puits P-2**

Palier	Durée min	Débit m <sup>3</sup> /min (guspm)	Rabattement m	Capacité spécifique m <sup>3</sup> /min/m (guspm/m)
1	120	0,7571 (200,0)	0,746	1,0155 (268,3)
2	120	1,5142 (400,0)	1,441	1,0510 (277,6)
3	120	2,2712 (600,0)	2,230	1,0185 (269,0)
4	120	3,0283 (800,0)	3,076	0,9844 (260,1)

En ne tenant pas compte des pertes de charge dans le tubage, le puits P-2 a bien supporté, à court terme, les taux de pompage imposés. L'augmentation progressive du débit de 0,7571 à 3,0283 m<sup>3</sup>/min (200 à 800 guspm) a entraîné une légère variation de la capacité spécifique de l'ouvrage de captage. La capacité spécifique obtenue lors de la réalisation du palier n° 4 a atteint une valeur de 97 % par rapport à la capacité spécifique du palier n° 1. À ce débit, l'efficacité du puits est de 94 %. Ces valeurs indiquent que le puits a bien été développé et qu'il n'y a pas d'autres pertes de charge que celles occasionnées par le tubage d'acier. La capacité spécifique moyenne obtenue lors de la réalisation des quatre paliers est de 1,0173 m<sup>3</sup>/min/m (268,8 guspm/m).

#### 4.2.2 Essai de pompage à paliers multiples au puits P-3

L'essai, qui comportait quatre paliers successifs, a été réalisé le 9 juillet 2009. Le tableau 3.1 présente les données de l'essai de même qu'une évaluation de la capacité spécifique pour un pompage de courte durée. Il est à noter que les données du palier n° 1 ne sont pas présentées dans ce tableau, étant donné qu'il y a eu un problème d'ajustement de débit lors de la réalisation de ce palier. Les données récoltées durant le pompage par paliers figurent à l'annexe 4 du rapport.

**Tableau 3.1**  
**Données de l'essai de pompage à**  
**paliers multiples réalisé au puits P-3**

Palier	Durée min	Débit m <sup>3</sup> /min (guspm)	Rabattement m	Capacité spécifique m <sup>3</sup> /min/m (guspm/m)
2	120	0,5300 (140,0)	2,464	0,2151 (56,8)
3	120	0,7949 (210,0)	4,119	0,1930 (51,0)
4	120	1,0599 (280,0)	6,126	0,1730 (45,7)

Comme pour le puits P-2, les valeurs de capacité spécifique mesurées au puits P-3 ne tiennent pas compte des pertes de charge attribuables au tubage du puits étant donné l'absence d'un système de pompage. Pour éliminer ces pertes de charge, nous avons utilisé l'équation de Hazen-William. Le tableau suivant présente les données corrigées de l'essai de pompage à paliers multiples et la capacité spécifique réelle de l'ouvrage.

**Tableau 3.2**  
**Données corrigées de l'essai de pompage à**  
**paliers multiples réalisé au puits P-3**

Palier	Durée min	Débit m <sup>3</sup> /min (guspm)	Rabattement m	Capacité spécifique m <sup>3</sup> /min/m (guspm/m)
2	120	0,5300 (140,0)	1,967	0,2694 (71,2)
3	120	0,7949 (210,0)	3,065	0,2594 (68,5)
4	120	1,0599 (280,0)	4,330	0,2448 (64,7)

En ne tenant pas compte des pertes de charge dans le tubage, le puits P-3 a bien supporté, à court terme, les taux de pompage imposés. L'augmentation progressive du débit de 0,5300 à 1,0599 m<sup>3</sup>/min (140 à 280 guspm) a entraîné une légère variation de la capacité spécifique de l'ouvrage de captage. La capacité spécifique moyenne obtenue lors de la réalisation des paliers nos 2 à 4 est de 0,2579 m<sup>3</sup>/min/m (68,1 guspm/m), comparativement à une capacité spécifique moyenne de 1,0173 m<sup>3</sup>/min/m (268,8 guspm/m) au puits P-2. Cette différence de capacité est attribuable à la mise en place d'une crépine dans le puits P-2. Cette dernière facilite grandement l'entrée d'eau à l'intérieur du puits.

### 4.3 Essais de pompage de longue durée et de remontée

#### 4.3.1 Méthodologie

L'essai de pompage de longue durée s'est déroulé sur une période de 49 jours, entre le 13 juillet et le 31 août 2009. L'essai s'est effectué aux débits suivants :

Période	Puits pompé	Débit de pompage
13 au 30 juillet 2009	P-2	P-2 : 2,6498 m <sup>3</sup> /min (700 guspm)
30 juillet au 10 août 2009	P-2	P-2 : 1,8927 m <sup>3</sup> /min (500 guspm)
10 au 24 août 2009	P-2 et P-3	P-2 : 1,8927 m <sup>3</sup> /min (500 guspm) P-3 : 0,3785 m <sup>3</sup> /min (100 guspm)
24 au 31 août 2009	P-2	P-2 : 1,1356 m <sup>3</sup> /min (300 guspm)
15 juillet au 31 août 2009	P-2 et P-3	Q <sub>moyen</sub> : 2,1558 m <sup>3</sup> /min (569,5 guspm)

L'essai de pompage a été suivi d'un essai de remontée. Ce dernier a été réalisé sur une période de 38 jours, entre le 31 août et le 8 octobre 2009. Mentionnons que le pompage du puits P-2 à un débit de 1,1356 m<sup>3</sup>/min (300 guspm) a été fait à la demande de monsieur Gilles Fillion, ingénieur pour la ville, dans le but de connaître la hauteur de la colonne d'eau à ce débit.

Durant les essais de pompage et de remontée, les lectures de pression ont été relevées périodiquement dans les puits de pompage P-2 et P-3 par un représentant de la municipalité. Des niveaux d'eau ont également été mesurés dans le piézomètre BSP-8 afin de vérifier l'existence d'un lien hydraulique entre la formation aquifère profonde (nappe captive) et la formation aquifère en surface (nappe libre). Afin d'obtenir des lectures continues et précises aux différents points de lecture, un suivi a été réalisé à l'aide de capteurs de pression munis de systèmes d'enregistreur de données, aussi

appelés *loggers*. Durant la période du suivi, la fréquence d'enregistrement a été fixée aux cinq minutes. Les photos 15 et 16 présentées à l'annexe 3 illustrent l'emplacement des manomètres et des *loggers* pour chacun des puits.

Il est important de mentionner ici que durant les essais de pompage et de remontée, il n'y a pas eu de suivi réalisé au niveau du puits de la ferme, puisque ce dernier a été démantelé au mois de juillet. Rappelons que ce puits était situé à une distance de l'ordre de 100 mètres au sud-est du puits P-3 et que sa crépine était aménagée dans une formation de sable entrecoupée de lits d'argile dans l'intervalle de profondeur compris entre 106,4 et 108,8 mètres<sup>5</sup>. Tout comme les puits P-2 et P-3, le puits de la ferme était jaillissant. Du 6 au 21 mai 2009, un suivi du comportement de la nappe aquifère a été réalisé au site du puits de la ferme à l'aide d'un *logger*. Le graphique présentant les variations de la pression d'eau enregistrées durant cette période figure à l'annexe 4. Ce graphique inclut également les variations de la pression d'eau enregistrées au puits P-3. Comme le montre ce graphique, la nappe captive interceptée au droit du puits P-3 n'est pas en lien hydraulique avec celle présente au puits de la ferme. En effet, aucune variation de la pression d'eau, qui serait attribuable aux variations de pression d'eau au puits P-3, n'est observable dans le comportement du puits de la ferme. Sur la base de ces résultats, nous concluons qu'aucun lien hydraulique n'est présent entre les deux formations aquifères.

### 4.3.2 Résultats

Les graphiques d'interprétation du pompage et de la remontée figurent à l'annexe 4 du document. Les données relevées aux puits P-2 et P-3 (lectures de pression converties en niveaux d'eau) sont présentées sous forme de graphiques représentant le rabattement du niveau de la nappe en fonction du logarithme du temps de pompage et de remontée. La première série de graphiques semi-logarithmiques couvre toute la durée du pompage, soit du 13 juillet au 31 août 2009, alors que la seconde série couvre la période durant laquelle le puits P-3 a été en opération, soit du 10 au 24 août 2009. Les données enregistrées par les capteurs de pression aux puits P-2 et P-3 sont présentées sous forme d'un graphique arithmétique présentant les variations de l'élévation<sup>6</sup> de la surface de la nappe captive durant la période comprise entre le 8 juillet et le 8 octobre 2009 inclusivement. Les lectures relevées au piézomètre BSP-8 sont présentées sous forme d'un graphique arithmétique présentant les variations de la surface de la nappe libre durant la période comprise entre le 6 mai et le 8 octobre 2009 inclusivement. Les paragraphes suivants présentent notre interprétation de l'ensemble des données recueillies lors des essais de pompage et de remontée.

#### Puits de pompage P-2

Comme l'indique le graphique d'interprétation du pompage, la courbe de rabattement progresse linéairement et en conformité avec la théorie de Theis et Jacob pour un régime d'écoulement transitoire. Cette portion de la courbe de rabattement sert à l'évaluation des paramètres hydrauliques de l'aquifère. Après 1 000 minutes de pompage, la courbe de rabattement diverge au-dessus de la droite de Cooper-Jacob,

5. MisisonHGE inc., *Forage exploratoire dans la vallée de la rivière du Gouffre*, Ville de Baie-Saint-Paul, rapport technique, N/Réf. : 07320-201, 10 février 2009, page 6.

6. Dans le but d'uniformiser l'ensemble des données et de pouvoir suivre l'élévation de la nappe aquifère par rapport à une même élévation, un levé de nivellement a été réalisé le 10 août 2009 par notre firme. Les élévations recueillies ont en référence la marche la plus élevée de l'escalier de la clinique dentaire qui a été fixée arbitrairement à une élévation de 100 mètres.

indiquant ainsi la présence d'une frontière imperméable. Dans le cas présent, cette dernière correspond aux épontes de l'aquifère qui a la forme d'un long cordon longeant la vallée de la rivière du Gouffre. Considérant la progression des rabattements dans le puits, le débit de pompage a été diminué de 2,6498 m<sup>3</sup>/min (700 guspm) à 1,8927 m<sup>3</sup>/min (500 guspm) après 17 jours de pompage. Suivant la réduction du débit, la courbe de rabattement a pris une tendance à la stabilisation jusqu'à ce que débute le pompage du puits P-3 à un débit de 0,3785 m<sup>3</sup>/min (100 guspm). Après 14 jours de pompage de la nappe aquifère à l'aide des puits P-2 et P-3, à un débit totalisant 2,2712 m<sup>3</sup>/min (600 guspm), il n'y a pas eu une stabilisation complète des rabattements dans le puits. Ensuite, l'arrêt du pompage du puits P-3 et la diminution du débit de pompage du puits P-2 à 1,1356 m<sup>3</sup>/min (300 guspm) a entraîné une remontée du niveau de la nappe aquifère. Toutefois, le temps de pompage n'a pas été assez long pour obtenir une stabilisation du niveau piézométrique.

Au terme de l'essai de pompage de longue durée, un essai de remontée a été effectué. La surface de la nappe aquifère, rabattue lors de l'essai de pompage de longue durée, s'est mise à remonter pour reprendre sa position initiale (niveau statique). Généralement, le volume d'eau prélevé dans un aquifère sollicité durant un essai de pompage est négligeable par rapport à ses réserves. Le retour au niveau statique permet de vérifier que l'aquifère n'a pas été surexploité. Au puits P-2, l'essai de remontée s'est déroulé sur une période de 38 jours. Après 26 jours de remontée, le niveau d'eau dans le puits était situé 1,854 mètre plus bas que son niveau initial. Après cette période, la valve a été ouverte pour laisser couler un filet d'eau dans le tuyau de sortie près du *logger* afin de réduire les risques de gel, ce qui a eu pour conséquence de diminuer la pression d'eau. Au terme des 38 jours de remontée, le niveau d'eau dans le puits était situé 1,14 mètre plus bas que son niveau initial. Comme l'indique le graphique de remontée, la courbe de rabattement a tendance à revenir à zéro (rabattement nul) avant que le temps T/t' égale 1. Cette condition indique que pour les conditions hydrogéologiques et climatiques qui prévalaient au moment de l'essai, l'aquifère n'a pas été en surexploitation lors de l'essai de pompage de 49 jours à un débit moyen de 2,1558 m<sup>3</sup>/min (569,5 guspm).

### Puits P-3

Les niveaux piézométriques mesurés au puits P-3 ont réagi de façon similaire à ceux mesurés au puits de pompage P-2. En effet, comme l'indique le graphique d'interprétation du pompage, les rabattements ont progressé linéairement jusqu'à ce que la limite négative (épontes de l'aquifère apparaissant à 1 000 minutes de pompage) soit détectée. Ensuite, la diminution du débit du puits P-2 a entraîné une stabilisation des rabattements, puis la mise en opération du puits P-3 a occasionné une augmentation des rabattements. Contrairement à ce qui a été observé au puits P-2, la limite négative est réapparue durant cet épisode du pompage. Selon nous, l'allure de la courbe au site du puits P-3 est attribuable aux pertes de charge existantes dans le puits. Le comportement de la nappe observé au site du puits P-2 est selon nous beaucoup plus réaliste et représentatif des conditions naturelles existantes.

Après l'arrêt du pompage, la remontée du niveau d'eau a été observée pendant 38 jours. Au terme de l'essai, le niveau d'eau dans le puits était situé 95,6 centimètres plus bas que son niveau initial, comparativement à 1,14 mètre au puits P-2. Cette différence s'explique par le fait que l'ouverture de la valve du puits P-2 pour réduire les

risques de gel a entraîné une diminution de la pression d'eau. Comme l'indique le graphique de remontée du puits P-3, la courbe de rabattement a tendance à revenir à zéro (rabattement nul) avant que le temps  $T/t'$  égale 1. Cette condition indique que l'aquifère n'a pas été en surexploitation lors de l'essai de pompage prolongé.

#### **Piézomètre BSP-8 (nappe libre)**

Les lectures compilées et présentées graphiquement à l'annexe 4 du document indiquent que le pompage de la nappe captive par l'entremise des puits P-2 et P-3 n'a eu aucune influence sur le niveau d'eau de la nappe libre. Durant la période du suivi, les fluctuations enregistrées sont les variations naturelles de la nappe libre. À titre informatif, nous avons mis sur le graphique la période correspondant au pompage et à la remontée. Aucune variation des niveaux d'eau, qui serait attribuable aux variations de débit en cours d'essai, n'est observée dans le comportement du piézomètre BSP-8 aménagé dans la nappe de surface. Sur la base de ces résultats, nous concluons qu'aucun lien hydraulique n'est présent entre la formation aquifère profonde (nappe captive) et la formation aquifère en surface (nappe libre).

### **4.4 Propriétés hydrauliques de l'aquifère**

Aux puits P-2 et P-3, l'eau qui se dirige vers les puits sous l'effet du pompage circule à travers une formation aquifère captive constituée de sable fin à grossier et d'un peu de gravier. Les propriétés hydrauliques de cette formation aquifère ont été déterminées à partir des données de pompage recueillies aux puits de captage par l'interprétation des graphiques semi-logarithmiques du rabattement de la nappe en fonction du temps de pompage. Elles sont décrites aux sections suivantes.

#### **4.4.1 Transmissivité (T)**

La transmissivité représente la facilité de l'aquifère à laisser circuler l'eau souterraine. Il s'agit du volume d'eau qui circule par minute à travers une tranche de l'aquifère de 1 mètre de largeur et dont la hauteur est égale à l'épaisseur saturée sollicitée lors du pompage.

La transmissivité de la formation aquifère a été déterminée par l'interprétation des données de pompage recueillies au début de l'essai, selon la méthode d'analyse Cooper-Jacob. L'interprétation des données révèle une transmissivité moyenne de  $0,3394 \text{ m}^2/\text{min}$ . Sur une échelle de transmissivité comprise entre 0,1 et  $1\,000 \text{ m}^2/\text{jour}$ , la valeur calculée de  $0,3394 \text{ m}^2/\text{min}$ , soit  $489 \text{ m}^2/\text{jour}$ , représente un potentiel de captation élevé pour l'exploitation de l'eau souterraine.

#### **4.4.2 Conductivité hydraulique (k)**

La conductivité hydraulique représente la même réalité physique que la transmissivité, mais appliquée à une surface unitaire de l'aquifère (tranche verticale de 1 mètre). Elle est habituellement évaluée en faisant le quotient de la transmissivité par l'épaisseur saturée de la formation aquifère qui contribue à alimenter le puits. Dans des conditions de nappe captive, l'épaisseur saturée correspond à l'épaisseur de la formation sollicitée, qui est limitée, à la base, par la position de la crépine ou le fond du puits. Au site du puits P-2, la base de la crépine est située à une profondeur de 152,72 mètres et

la formation de sable fin à grossier exploitée par le puits est présente à partir d'une profondeur de 126,49 mètres, ce qui fait une épaisseur saturée de 26,23 mètres. Au puits P-3, le fond de l'ouvrage est situé à une profondeur de 153,42 mètres et la formation aquifère est présente à partir d'une profondeur de 128,0 mètres, ce qui fait une épaisseur de 25,42 mètres. Déterminée à partir d'une épaisseur productive moyenne de 25,83 mètres, la conductivité hydraulique de la formation aquifère est de 0,013 m/min (0,022 cm/s). Cette valeur est représentative d'une formation de sable moyen, ce qui correspond à la formation de sable fin à grossier identifiée lors du forage du puits.

$$k = \frac{T}{b} = \frac{0,3394 \text{ m}^2 / \text{min}}{25,83 \text{ m}} = 0,013 \text{ m/min}$$

#### 4.4.3 Coefficient d'emmagasinement (S)

Le coefficient d'emmagasinement représente le volume d'eau qu'il est possible d'extraire d'un volume unitaire de l'aquifère, soit par drainage dans une nappe libre ou par décompression dans une nappe captive. Il est obtenu à partir des fluctuations de la nappe mesurées à un point d'observation situé dans le champ d'influence du puits de pompage. Les faibles coefficients d'emmagasinement (<0,005) sont représentatifs des nappes captives ou semi-captives, alors que les coefficients supérieurs à 0,1 sont une caractéristique des nappes libres.

Dans le cas présent, ce paramètre n'a pu être évalué de façon précise. L'évaluation de celui-ci est problématique étant donné que la distance séparant les puits P-2 et P-3 est trop faible par rapport à l'épaisseur de la formation aquifère interceptée à cet endroit.

#### 4.4.4 Capacité spécifique (Q/s)

La capacité spécifique est un paramètre important pour l'évaluation du débit de production d'un puits, car elle intègre à la fois le potentiel aquifère et l'efficacité d'un puits. Elle est évaluée en faisant le quotient du débit de pompage (Q) par le rabattement stabilisé (s) enregistré en fin de pompage.

La capacité spécifique du puits P-2 a été déterminée pour de courtes périodes de pompage lors de l'essai à paliers multiples et sur une période prolongée lors de l'essai de pompage prolongé. Pour l'essai de pompage prolongé, qui s'est déroulé à différents débits, la capacité spécifique a été calculée avec le débit qui a permis d'atteindre une stabilisation des rabattements dans le puits, soit 500 guspm. À ce débit, la capacité spécifique du puits P-2 est de 0,1592 m<sup>3</sup>/min/m (42,0 guspm/m), comparativement à une capacité moyenne de 0,6538 m<sup>3</sup>/min/m (172,7 guspm/m) pour les quatre paliers effectués à différents débits. Cette différence est attribuable au fait que, lors de l'essai de pompage à paliers multiples, il n'y a pas eu une stabilisation complète des rabattements dans l'ouvrage et que les paliers étaient de trop courte durée pour que la présence de la limite négative soit détectée.

Pour le puits P-3, la capacité spécifique a seulement été déterminée pour de courtes périodes de pompage lors de l'essai à paliers multiples, puisqu'il n'a pas été pompé en solitaire sur une plus longue période. La capacité spécifique moyenne obtenue lors de la réalisation des paliers n<sup>os</sup> 2 à 4 est de 0,1937 m<sup>3</sup>/min/m (51,2 guspm/m). Notons que cette valeur est surestimée parce qu'il n'y a pas eu une stabilisation complète des rabattements dans l'ouvrage et que les paliers ont été de trop courte durée pour que la présence de la limite négative soit détectée.

## 5.0 Débits d'exploitation des puits P-2 et P-3

Le débit d'exploitation d'un puits de captage est fonction de la capacité de production de l'ouvrage de captage et du potentiel de captation de l'aquifère sollicité. Le potentiel de captation (ou potentiel aquifère) est défini comme étant la quantité d'eau que l'on peut prélever dans une nappe aquifère en tenant compte de la réalimentation naturelle par la pluie et la fonte de la neige dans une optique de développement durable, c'est-à-dire en maintenant la capacité de soutirer l'eau en permanence. Le potentiel de captation d'une nappe dépend de facteurs qui sont soit permanents, comme la géométrie de la nappe, ou variables, comme la recharge annuelle. La productivité des nappes dépend aussi des équipements en place (puits, pompes) et des interactions de la nappe avec l'environnement immédiat (cours d'eau).

### 5.1 Capacité théorique de production

La capacité de production d'un ouvrage de captage aménagé dans un aquifère de dépôts meubles est fonction de sa conception. Cette capacité est déterminée à partir des caractéristiques physiques de la crépine installée : sa dimension, sa longueur et ses ouvertures. Les résultats obtenus nous donnent ainsi la capacité théorique de production que l'on peut soutirer de l'ouvrage dans des conditions optimales d'opération. Par contre, cette capacité de production ne représente pas la capacité de l'aquifère à fournir un volume donné d'eau souterraine.

La valeur théorique du débit obtenue à partir de ces informations correspond au débit qui peut traverser la crépine en respectant une vitesse d'entrée de l'eau dans la crépine de 3 cm/s. Pour tenir compte de l'obstruction des ouvertures de la crépine par les grains de la formation qui l'entoure, on doit utiliser un coefficient de réduction. Ce coefficient de réduction peut varier entre 25 et 50 %, selon la nature du terrain. En considérant la forte perméabilité de la formation granulaire qui contribue à alimenter le puits P-2 (0,022 cm/s – réf. section 4.4.2), un facteur de 25 % peut ici être utilisé pour déterminer la capacité de production de l'ouvrage de captage. Il s'agit d'une valeur sécuritaire puisque le développement du puits suivant la mise en place de la crépine a permis d'obtenir une eau limpide et absente de particules.

Le puits P-2 est muni d'une crépine télescopique en acier inoxydable de 20,32 centimètres de diamètre par 18,96 mètres de longueur, possédant des ouvertures de 1,52 millimètre (n° 60). En fonction de ces caractéristiques et considérant un facteur de sécurité de 25 %, la capacité de production maximale permise selon la conception du puits P-2, sans tenir compte de la capacité de l'aquifère comme telle, est théoriquement de 5,2996 m<sup>3</sup>/min (1 400 guspm).

Pour le puits P-3, il est impossible d'établir le débit théorique d'extraction puisque cet ouvrage de captage est aménagé à bout de tubage. Seule la réalisation d'essais de pompage à différents débits permet d'avoir certaines informations sur le débit maximal d'extraction pour ce type d'aménagement. Dans un ouvrage de captage aménagé à bout de tubage, les risques de colmatage par entraînement de particules peuvent être beaucoup plus problématiques que dans le cas d'un puits crépiné, comme le puits P-2. Pour cette raison, il est préférable de minimiser le débit d'extraction du puits P-3 comparativement à celui du puits P-2.

## 5.2 Potentiel de captation de la nappe aquifère

L'évaluation du potentiel de captation de l'aquifère alimentant les puits P-2 et P-3 est basée sur les renseignements obtenus lors des essais de pompage et de remontée. Ces données constituent de l'information ponctuelle à un temps donné. Toute modification des conditions ou toute prise de données à un temps autre que celui de l'étude peut modifier les résultats transmis dans la présente.

Le potentiel de captation d'une nappe aquifère est évalué en fonction du rabattement disponible dans le puits et de la capacité spécifique obtenue lors d'un essai de pompage prolongé. Dans une nappe captive, le niveau dynamique d'exploitation ne doit jamais descendre plus bas que le toit de la formation aquifère exploitée. Les conditions hydrogéologiques présentes à l'emplacement des puits P-2 et P-3 font en sorte que les ouvrages sont jaillissants, c'est-à-dire que l'eau s'écoule en surface sans qu'on ait besoin de pomper. Pour profiter de ces conditions, il est prévu que l'exploitation des puits se fasse sans l'utilisation d'un système de pompage. L'évaluation du potentiel de captation de l'aquifère alimentant les puits P-2 et P-3 est donc faite, dans un premier temps, en fonction d'une condition artésienne. Pour exploiter les puits dans cette condition, le niveau dynamique ne doit jamais descendre plus bas que le niveau du sol. Le rabattement maximal permis est donc de 17,16 mètres selon le niveau statique de la nappe aquifère mesuré au puits P-2 le 8 juillet 2009. Cette valeur, multipliée par la capacité spécifique obtenue lors de l'essai de pompage prolongé de 0,1592 m<sup>3</sup>/min (42,0 guspm) par mètre de rabattement, confère un débit maximal exploitable, en condition artésienne, de 2,7319 m<sup>3</sup>/min (721 guspm).

Si l'installation d'équipements de pompage est envisagée, le débit exploitable devient plus élevé puisque le niveau dynamique d'exploitation peut descendre plus bas que le niveau du tubage. Toutefois, dans le secteur des puits P-2 et P-3, la proximité du fleuve nous amène à considérer la possibilité d'intrusion d'eau salée. Afin d'éviter cette problématique et en l'absence d'éléments de validation et de contrôle, il est impératif que le niveau de la nappe aquifère demeure en tout temps au-dessus du niveau de la mer (élévation zéro). En situation de pompage, le rabattement maximal permis est donc de l'ordre de 26 mètres et correspond à la distance entre le niveau statique mesuré au puits P-2 le 8 juillet 2009 et le niveau moyen de la mer. Le rabattement maximal, multiplié par la capacité spécifique obtenue lors de l'essai de pompage prolongé, confère un débit maximal exploitable, en condition « pompée », de 4,1392 m<sup>3</sup>/min (1 092 guspm).

## 5.3 Débits d'exploitation

Les débits d'exploitation ont été déterminés en fonction des facteurs limitant observés et des risques identifiés, tout en tenant compte du comportement de la nappe aquifère sous l'effet d'un pompage de longue durée, comparativement à un essai standard de 72 heures.

En fonction du potentiel de captation de la nappe captive en condition artésienne et de la stabilisation du niveau dynamique obtenue lors de l'essai de pompage prolongé, les débits d'exploitation ont été fixés à 1,8927 m<sup>3</sup>/min (500,0 guspm) au puits P-2 et à 0,3785 m<sup>3</sup>/min (100,0 guspm) au puits P-3. Les puits P-2 et P-3 pourront être utilisés en simultané, à un débit total d'exploitation de 2,2712 m<sup>3</sup>/min (600,0 guspm) en usage

continu. Des écarts à ces valeurs peuvent toutefois être envisagés lors d'un fonctionnement plus ponctuel. En effet, le débit qui peut être prélevé du puits P-2 en condition artésienne est fonction de l'usage qui est fait de l'ouvrage dans la période précédente, ce qui a un impact direct sur la pression artésienne qui conditionne le débit fourni par l'ouvrage. En considérant que l'eau s'écoulant du puits P-2 atteignait un débit de l'ordre de 5,6781 m<sup>3</sup>/min (1 500 guspm) à la fin des travaux de développement et que ce débit s'est abaissé à 2,2712 m<sup>3</sup>/min (600 guspm) après 42 jours de pompage, il est possible que le débit instantané du puits P-2 puisse atteindre sa capacité maximale de conception, soit 5,2996 m<sup>3</sup>/min (1 400 guspm). Conséquemment, le débit qui pourra être soutiré du puits P-2, de façon sporadique, est le débit débordant naturellement en fonction de la pression artésienne du moment, tout en n'excédant pas un débit maximal de 5,2996 m<sup>3</sup>/min (1 400 guspm), afin de conserver une marge de sécurité en regard de la capacité de la crépine.

Si l'installation d'équipements de pompage est envisagée pour un fonctionnement régulier, un essai de pompage devra être réalisé afin de confirmer le potentiel de la nappe aquifère en « condition pompée continue ». Cependant, pour une courte période de temps, le puits P-2 pourra être exploité à l'aide d'équipements de pompage appropriés à un débit de 4,1392 m<sup>3</sup>/min (1 092 guspm). Toutefois, pour atteindre cet objectif, les conditions de la nappe devront être similaires aux conditions observées lors des présents essais de pompage. De plus, le niveau dynamique devra demeurer en tout temps au-dessus du niveau de la mer (élévation zéro) afin d'empêcher l'intrusion d'eau salée.

Lors de l'exploitation permanente des puits P-2 et P-3, il sera important de faire un suivi des conditions d'exploitation, c'est-à-dire la vérification périodique des débits pompés et la prise des mesures de rabattement dans les puits. La compilation journalière et l'interprétation de ces données sur une base hebdomadaire nous permettront d'apporter les ajustements nécessaires afin d'assurer une exploitation adéquate de l'aquifère présent à cet endroit. Elles permettront aussi de prévenir une éventuelle surexploitation de l'aquifère. Cette façon de faire permettra à la ville d'assurer la pérennité de sa ressource en eau souterraine dans une optique de développement durable.

## 6.0 Échantillonnage et analyses de l'eau souterraine

Dans le but de connaître la qualité de l'eau souterraine de la nappe captive, des échantillons d'eau ont été prélevés aux puits P-2 et P-3 au cours de l'essai de pompage. Les certificats d'analyses du laboratoire Exova inc. de Québec sont consignés à l'annexe 5 et les résultats sont présentés aux tableaux 4 et 5. Les paramètres analysés sont ceux des tableaux 6.1 et 6.2 du *Guide de conception des installations de production d'eau potable*<sup>7</sup> du MDDEP, en plus du radon qui a été analysé à la demande de la ville.

Au point de vue bactériologique, l'eau extraite des puits P-2 et P-3 rencontre toutes les normes de potabilité en vigueur dans le *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (RQEP).

Au point de vue physico-chimique, l'eau extraite des puits P-2 et P-3 rencontre toutes les normes et recommandations en vigueur. Les résultats d'analyses ne montrent aucune variation significative dans les valeurs des paramètres physico-chimiques mesurés. Sur la base des résultats obtenus, l'eau peut être qualifiée d'excellente qualité.

---

7. MDDEP, *Guide de conception des installations de production d'eau potable*, chapitre 6, mise à jour décembre 2006.

**Tableau 4**  
**Résultats d'analyses au puits P-2**

Paramètres	Unité	Dates de prélèvement			Normes (RQEP)	Recommandations
		24 h 14 juillet 09	48 h 27 juillet 09	72 h 24 août 09		
<b>Analyses bactériologiques</b>						
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	0	0	0	0	-
Coliformes totaux	UFC/100 ml	0	0	0	10	-
Bactéries atypiques	UFC/100 ml	38	7	0	200	-
Virus coliphage	/100 ml	---	---	absence	0	-
Bactéries entérocoques	UFC/100 ml	---	---	0	0	-
<b>Analyses physico-chimiques</b>						
Absorbance UV (à 254 nm)	abs/cm	0,016	0,012	0,015	-	-
Alcalinité (en CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	65	69	71	-	-
Antimoine	mg/l	<0,001	---	<0,001	0,006	-
Arsenic	mg/l	<0,001	---	<0,001	0,025	-
Azote ammoniacal (en N)	mg/l	0,20	0,20	0,21	-	-
Azote total Kjeldahl (en N)	mg/l	<0,2	0,5	<0,2	-	-
Baryum	mg/l	<0,01	---	<0,01	1,0	-
Bicarbonates (en CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	65	---	71	-	-
Bore	mg/l	0,04	---	0,05	5,0	-
Bromures	mg/l	0,4	---	0,5	-	-
Cadmium	mg/l	<0,0005	---	<0,0005	0,005	-
Calcium	mg/l	18	18	19	-	-
Carbone organique total	mg/l	0,7	1,6	1,3	-	-
Chlorures	mg/l	58	---	61	-	≤250
Chrome total	mg/l	0,002	---	0,003	0,05	-
Conductivité	µS/cm	319	---	340	-	<1500
Couleur vraie	UCV	2	<1	<1	-	≤15
Cuivre	mg/l	<0,001	---	<0,001	1	-
Cyanures	mg/l	<0,005	---	<0,005	0,20	-
Demande en chlore	mg/l	2,0	2,0	2,0	-	-
Dureté totale (en CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	66	68	72	-	<180
Fer dissous	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	-	≤0,30
Fer total	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	-	≤0,30
Fluorures	mg/l	0,35	---	0,34	1,5	-
Magnésium	mg/l	5,3	5,4	5,9	-	-
Manganèse dissous	mg/l	0,025	0,027	0,027	-	≤0,05
Manganèse total	mg/l	0,026	0,026	0,024	-	≤0,05
Mercure	mg/l	<0,0001	---	<0,0001	0,001	-
Nitrites (en N)	mg/l	0,004	0,003	<0,003	1,0	-
Nitrites-nitrates (en N)	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	10	-
pH	-	7,9	7,9	8,1	-	6,5-8,5
Plomb	mg/l	<0,001	---	<0,001	0,01	-
SDS-THM	µg/l	19,42	28,11	23,21	≤80	-
Sélénium	mg/l	<0,001	---	<0,001	0,01	-
Sodium	mg/l	34	---	39	-	≤200
Solides dissous	mg/l	180	200	190	-	-
Solides totaux	mg/l	180	190	200	-	≤500
Sulfates	mg/l	8,0	---	7,1	-	≤500
Sulfures (en H <sub>2</sub> S)	mg/l	<0,02	<0,04	<0,02	-	≤0,05
Température	°C	9	9	9	-	≤15
Turbidité	UTN	<0,1	<0,1	<0,1	5,0	-
Uranium	mg/l	<0,005	---	<0,005	0,02	-
Zinc	mg/l	<0,004	---	<0,004	-	≤5,0

**Tableau 5**  
**Résultats d'analyses au puits P-3**

Paramètres	Unité	Dates de prélèvement			Normes (RQEP)	Recommandations
		24 h 11 août 09	48 h 13 août 09	72 h 24 août 09		
<b>Analyses bactériologiques</b>						
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	0	0	0	0	-
Coliformes totaux	UFC/100 ml	0	0	0	10	-
Bactéries atypiques	UFC/100 ml	0	0	0	200	-
Virus coliphage	/100 ml	---	---	absence	0	-
Bactéries entérocoques	UFC/100 ml	---	---	0	0	-
<b>Analyses physico-chimiques</b>						
Absorbance UV (à 254 nm)	abs/cm	0,017	0,015	0,017	-	-
Alcalinité (en CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	72	72	72	-	-
Antimoine	mg/l	<0,001	---	<0,001	0,006	-
Arsenic	mg/l	<0,001	---	<0,001	0,025	-
Azote ammoniacal (en N)	mg/l	0,20	0,20	0,21	-	-
Azote total Kjeldahl (en N)	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	-	-
Baryum	mg/l	<0,01	---	<0,01	1,0	-
Bicarbonates (en CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	72	---	72	-	-
Bore	mg/l	0,06	---	0,05	5,0	-
Bromures	mg/l	0,5	---	0,5	-	-
Cadmium	mg/l	<0,0005	---	<0,0005	0,005	-
Calcium	mg/l	18	17	17	-	-
Carbone organique total	mg/l	1,1	1,2	1,3	-	-
Chlorures	mg/l	67	---	71	-	≤250
Chrome total	mg/l	<0,001	---	0,003	0,05	-
Conductivité	µS/cm	371	---	367	-	<1500
Couleur vraie	UCV	<1	3	<1	-	≤15
Cuivre	mg/l	<0,001	---	<0,001	1	-
Cyanures	mg/l	<0,005	---	<0,005	0,20	-
Demande en chlore	mg/l	3,0	2,0	2,0	-	-
Dureté totale (en CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	70	67	64	-	<180
Fer dissous	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	-	≤0,30
Fer total	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	-	≤0,30
Fluorures	mg/l	0,40	---	0,39	1,5	-
Magnésium	mg/l	6,0	5,6	5,4	-	-
Manganèse dissous	mg/l	0,027	0,027	0,025	-	≤0,05
Manganèse total	mg/l	0,029	0,028	0,026	-	≤0,05
Mercure	mg/l	<0,0001	---	<0,0001	0,001	-
Nitrites (en N)	mg/l	<0,003	<0,003	<0,003	1,0	-
Nitrites-nitrates (en N)	mg/l	<0,2	0,03	<0,02	10	-
pH	-	8,0	8,0	8,1	-	6,5-8,5
Plomb	mg/l	<0,001	---	<0,001	0,01	-
SDS-THM	µg/l	31,02	31,48	31,27	≤80	-
Sélénium	mg/l	<0,001	---	<0,001	0,01	-
Sodium	mg/l	49	---	46	-	≤200
Solides dissous	mg/l	210	210	200	-	-
Solides totaux	mg/l	210	220	210	-	≤500
Sulfates	mg/l	7,5	---	6,9	-	≤500
Sulfures (en H <sub>2</sub> S)	mg/l	<0,04	<0,04	<0,02	-	≤0,05
Température	°C	9	9	9	-	≤15
Turbidité	UTN	<0,1	<0,1	<0,1	5,0	-
Uranium	mg/l	<0,005	---	<0,005	0,02	-
Zinc	mg/l	<0,004	---	<0,004	-	≤5,0

## 7.0 Caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère sollicité

Les aires d'alimentation et de protection d'un système de captage sont déterminées en fonction des caractéristiques hydrogéologiques spécifiques de l'aquifère exploité. Pour la formation aquifère de type captif alimentant les puits P-2 et P-3, les paramètres hydrogéologiques sont décrits aux sections suivantes.

### 7.1 Gradient hydraulique (i)

La carte piézométrique d'une formation aquifère est définie à partir d'un minimum de trois points de mesure de niveaux d'eau qui ne sont pas sous l'influence d'un pompage. Le gradient hydraulique correspond à la pente de la surface de la nappe et est perpendiculaire aux lignes d'écoulement.

Dans le secteur d'étude, il n'y a que les puits P-2 et P-3 qui sont aménagés dans la nappe captive profonde. Considérant les coûts exorbitants et les difficultés rattachés à la réalisation d'un troisième forage nécessaire pour établir la direction d'écoulement de l'eau souterraine et son gradient hydraulique, il a été convenu de déterminer la piézométrie en fonction des caractéristiques topographiques du secteur à l'étude. Comme il a été discuté à la section 2.3 du présent document, la topographie au fond de la vallée de la rivière du Gouffre révèle une pente de l'ordre de 0,3 % vers le sud. Nous avons donc fixé la direction d'écoulement de l'eau souterraine dans le même axe que l'écoulement de la rivière, sous un gradient hydraulique de 0,003 (sans unité). Selon nous, cette valeur est représentative des conditions hydrogéologiques existantes et c'est cette dernière que nous avons utilisée pour l'établissement des aires de protection autour des puits P-2 et P-3.

Il faut aussi se rappeler que la nappe exploitée à l'emplacement des puits P-2 et P-3 est de type captif, ce qui confère à cette nappe un faible degré de vulnérabilité. Dans ce contexte, une meilleure définition de la direction d'écoulement de l'eau souterraine permettrait seulement de préciser l'emplacement des aires de protection rapprochée, mais n'aurait aucune influence directe sur le type d'activités agricoles permises. Pour cette raison, nous considérons que l'utilisation de la topographie de surface pour définir la direction d'écoulement de l'eau souterraine et le gradient hydraulique est, dans le contexte présent, une méthode qui offre un degré de sécurité satisfaisant et qui peut être utilisée.

### 7.2 Transmissivité (T)

La transmissivité est évaluée à partir de données recueillies durant un essai de pompage. L'interprétation des données de pompage par les méthodes d'analyses usuelles a révélé une transmissivité moyenne de l'aquifère de 0,3394 m<sup>2</sup>/min (réf. section 4.4.1).

### 7.3 Épaisseur saturée (b)

Dans des conditions de nappe captive, l'épaisseur saturée correspond à l'épaisseur de la formation sollicitée qui est limitée, à la base, par la position de la crépine ou le fond

du puits. Aux puits P-2 et P-3, l'épaisseur saturée moyenne la formation de sable fin à grossier et d'un peu de gravier est de 25,83 mètres (réf. section 4.4.2).

#### 7.4 Porosité (n)

La porosité des dépôts meubles correspond aux pores et aux interstices reliés qui permettent l'écoulement de l'eau souterraine. La répartition des pores dans les sédiments, leur taille et leur proportion contrôlent la distribution et le mouvement de l'eau dans les sols. Les valeurs les plus élevées se trouvent dans les sables moyens et grossiers. Les matériaux très fins, comme les silts et les argiles, sont caractérisés par une faible porosité efficace. Pour la formation aquifère sollicitée par les puits P-2 et P-3, la porosité retenue est de 25 % et elle correspond à la valeur théorique représentative des matériaux granulaires de sable fin à grossier et d'un peu de gravier interceptés au droit des puits P-2 et P-3.

#### 7.5 Débit d'exploitation (Q)

Selon la réglementation en vigueur, les aires de protection d'un ouvrage de captage doivent être déterminées en utilisant le débit moyen d'exploitation. Puisque les données de production moyenne ne seront disponibles que suivant la mise en exploitation des puits, les aires de protection ont été calculées à partir du débit d'exploitation recommandé, soit 2,2712 m<sup>3</sup>/min (600,0 guspm). Toutefois, si le débit moyen d'exploitation devenait un jour supérieur, les périmètres devront alors être recalculés avec le nouveau débit d'extraction utilisé.

#### 7.6 Aire d'alimentation des puits P-2 et P-3

L'aire d'alimentation d'un ouvrage de captage correspond à la surface de terrain sur laquelle l'eau souterraine qui s'infiltrera aboutira au point de captage. Elle dépend du débit soutiré de l'aquifère, de la transmissivité du milieu producteur, du gradient hydraulique naturel qui prévaut dans le secteur et de la limite du bassin versant. Selon la réglementation en vigueur, l'aire d'alimentation doit être déterminée en utilisant le débit moyen d'exploitation.

L'aire d'alimentation des puits P-2 et P-3 a été établie à l'aide de la méthode analytique développée par Todd. Avec cette méthode, l'aire d'alimentation prend la forme d'une parabole qui s'étend jusqu'à la limite du bassin versant. Trois équations mathématiques permettent d'estimer les paramètres géométriques qui définissent la forme et l'étendue de l'aire d'alimentation. Ces paramètres se décrivent de la façon suivante :

- la largeur de l'aire d'alimentation au droit du puits;
- la largeur maximale de l'aire d'alimentation;
- la distance entre la limite aval de la zone d'appel et l'ouvrage de captage.

Il est à noter que la détermination de l'aire d'alimentation d'un ouvrage de captage comporte toujours une part d'incertitude, puisqu'elle est basée sur des hypothèses et qu'elle est particulièrement sensible aux incertitudes des paramètres hydrogéologiques.

Ainsi, les limites de l'aire d'alimentation doivent être vues de façon probabiliste plutôt que de façon déterministe.

L'aire d'alimentation des puits P-2 et P-3 a été établie en utilisant les paramètres hydrogéologiques déterminés aux sections 7.1, 7.2 et 7.5 du présent rapport. Puisque les puits ne sont distants que de 6,48 mètres, une seule aire a été déterminée pour les deux ouvrages de captage. Les dimensions de cette aire d'alimentation sont présentées au tableau 6 et les calculs détaillés figurent à l'annexe 6.

**Tableau 6**  
**Aire d'alimentation des puits P-2 et P-3**

Ouvrages de captage	Largeur en amont (m)	Largeur à la hauteur des puits (m)	Rayon d'appel (m)
Puits P-2 et P-3	2 231	1 115	355

L'aire d'alimentation des puits P-2 et P-3 a la forme d'une parabole ouverte vers le nord. Elle s'étend dans l'axe de la rivière du Gouffre, jusqu'à la limite de son bassin versant. La limite de l'aire d'alimentation est définie à la figure 4. Comme le montre cette figure, l'aire d'alimentation est limitée par le cadrage de la figure. Nous n'avons pas jugé nécessaire de tracer l'aire d'alimentation sur toute sa longueur, puisque la faible vulnérabilité de l'aquifère fait en sorte qu'il n'y aura pas d'incidence sur les activités agricoles qui y sont pratiquées.



**Légende:**

- Puits municipal exploité
- ⊕ Puits
- ⊕ Forage
- Limite municipale
- Aire d'alimentation

N

0 500m 1000m 1500m 2000m 2500m



CLIENT:  
VILLE DE BAIE-SAINT-PAUL

PROJET:  
CONSTRUCTION DES PUIITS P-2 ET P-3

FIGURE:  
FIGURE 4  
AIRE D'ALIMENTATION DES PUIITS P-2 ET P-3

PROJET: 09101-101	ÉCHELLE: 1 : 50 000	DATE: 2009-09-17
CONCEPTION: R.LAMONTAGNE	DESIGNÉ PAR: P.LACHANCE	VÉRIFIÉ PAR: G.MICHAUD
VERSION: 1	CARTE DE RÉF.: CARTE TOPO. 21M07-202 & 21M08-201	NUMÉRO DE Dessin: 09101-101-FIGURE #4

## 8.0 Aires de protection et vulnérabilité de l'aquifère

### 8.1 Généralités

Selon le *Règlement sur le captage des eaux souterraines* (RCES) du MDDEP, différentes aires de protection doivent être établies autour d'un ouvrage de captage afin de protéger l'intégrité de l'eau captée. Ces aires se composent de la protection immédiate, rapprochée et éloignée. Elles se décrivent de la façon suivante :

- l'aire de protection immédiate équivaut au terrain situé à l'intérieur d'un rayon de 30 mètres autour de l'ouvrage de captage;
- l'aire de protection rapprochée est délimitée par les aires de protection bactériologique et virologique. L'aire de protection bactériologique correspond à la portion de l'aire d'alimentation définie par l'emploi d'un temps de migration de l'eau souterraine de 200 jours, tandis que l'aire de protection virologique est la portion de l'aire d'alimentation correspondant à un temps de migration de 550 jours;
- l'aire de protection éloignée équivaut à la portion de l'aire d'alimentation comprise entre l'aire de protection rapprochée virologique et la limite du bassin versant.

Les contraintes à l'intérieur de l'aire de protection rapprochée sont fixées en fonction de la vulnérabilité de la nappe aquifère sollicitée. L'évaluation de la vulnérabilité d'un aquifère est réalisée à l'aide de la méthode DRASTIC. Cette méthode, qui consiste en un système de cotation numérique, permet d'évaluer le niveau de risque de contamination de l'eau attribuable à l'activité humaine. La réglementation est plus restrictive pour les activités à contrôler ou à interdire dans les aires de protection lorsque l'indice DRASTIC est supérieur à 100.

### 8.2 Cadre réglementaire

Ce qui suit présente un résumé des règlements concernant les aires de protection autour d'un ouvrage de captage. Ce chapitre est inscrit dans le présent document à titre informatif. Pour plus de précision, nous référons le lecteur aux articles de loi applicables disponibles sur le site du MDDEP ou dans la Gazette officielle. Les articles applicables aux puits P-2 et P-3 de la ville de Baie-Saint-Paul sont traités à la section 8.5.

#### **Aire de protection immédiate**

##### *Article 24*

L'aire de protection immédiate correspond à une distance de 30 mètres autour de l'ouvrage de captage. Cette distance peut être diminuée à l'aide d'une étude hydrogéologique à l'appui. En vertu de l'article 55, si l'ouvrage de captage était présent avant le 15 juin 2002, la distance peut être diminuée à moins de 30 mètres, compte tenu des obstacles présents (dimension du terrain, route ou habitation).

Pour les ouvrages de captage dont le débit moyen est supérieur à 75 m<sup>3</sup>/jour, une clôture sécuritaire doit être installée aux limites de l'aire de protection immédiate. La clôture doit avoir une hauteur minimale de 1,8 mètre et une affiche indiquant la présence d'une source d'eau souterraine destinée à des fins de consommation humaine doit y être apposée.

À l'intérieur de l'aire de protection immédiate, les activités, les installations ou les dépôts de matières ou d'objets qui risquent de contaminer l'eau souterraine sont interdits, à l'exception de l'équipement nécessaire à l'exploitation de l'ouvrage de captage. La finition du sol doit prévenir le ruissellement de l'eau et favoriser le drainage des eaux de surface à l'extérieur de ce périmètre.

### **Aire de protection rapprochée**

#### *Article 25*

L'aire de protection rapprochée d'un ouvrage de captage est délimitée par les aires de protection bactériologique et virologique. L'aire de protection bactériologique correspond à la portion de l'aire d'alimentation définie par l'emploi d'un temps de migration de l'eau souterraine de 200 jours, tandis que l'aire de protection virologique est la portion de l'aire d'alimentation correspondant à un temps de migration de 550 jours.

Les contraintes à l'intérieur de l'aire de protection rapprochée sont fixées en fonction de la vulnérabilité de la nappe aquifère sollicitée. Cette vulnérabilité est établie à l'aide de l'indice DRASTIC. La réglementation est plus restrictive pour les activités à contrôler ou interdire dans les aires de protection lorsque l'indice DRASTIC est supérieur à 100.

Un inventaire des activités et des ouvrages susceptibles de modifier la qualité microbiologique de l'eau souterraine doit être réalisé à l'intérieur de l'aire de protection rapprochée. Cet inventaire doit être maintenu à jour.

### **Spécifications générales (milieu agricole)**

#### *Articles 26 à 30*

Des dispositions particulières ont été prévues pour les ouvrages de captage situés en milieu agricole. Elles visent à restreindre les activités présentant des risques microbiologiques pour les lieux de captage destinés à la consommation humaine. Les restrictions à prévoir sont résumées au tableau 7. Deux dispositions additionnelles, présentées au tableau 8, ont été établies en cas de contamination des eaux par les nitrates.

**Tableau 7**  
**Dispositions particulières au milieu agricole pour les ouvrages de captage**

Actions	Restrictions	Exemptions	Article
Épandage de déjections animales, de compost de ferme, d'engrais minéraux et de matières résiduelles fertilisantes	Interdit à moins de 30 m d'un ouvrage de captage	---	Art. 26
Épandage de boues provenant d'ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées ou de tout autre système de traitement ou d'accumulation d'eaux usées sanitaires, ou de matières contenant de telles boues	Interdit à moins de 100 m d'un ouvrage de captage	Boues ou matières certifiées conformes à la norme CAN/BNQ 0413-200 ou CAN/BNQ 0413-400	Art. 26
Épandage direct ou ruissellement d'épandage de déjections animales, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes	Interdit dans l'aire de protection bactériologique si réputée vulnérable	Matières résiduelles fertilisantes certifiées conformes à la norme CAN/BNQ 0413-200 ou CAN/BNQ 0413-400	Art. 26
Épandage direct ou ruissellement d'épandage de boues provenant d'ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées ou de tout autre système de traitement ou d'accumulation d'eaux usées sanitaires, ou de matières contenant de telles boues	Interdit dans l'aire de protection virologique si réputée vulnérable	Boues ou matières certifiées conformes à la norme CAN/BNQ 0413-200 ou CAN/BNQ 0413-400	Art. 26
Érection ou aménagement d'une installation d'élevage d'animaux ou d'un ouvrage de stockage de déjections animales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interdit à moins de 30 m de l'ouvrage de captage (75 m pour un élevage de bovins)</li> <li>▪ Interdit dans l'aire de protection bactériologique si réputée vulnérable</li> </ul>	Élevages de canidés et de félidés, les piscicultures, les zoos, les parcs et les jardins zoologiques	Art. 29
Stockage à même le sol de déjections animales, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interdit à moins de 300 m de l'ouvrage de captage</li> <li>▪ Interdit dans l'aire de protection bactériologique si réputée vulnérable</li> </ul>	---	Art. 30
Stockage à même le sol dans un champ cultivé de boues provenant d'ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées, ou de tout autre système de traitement ou d'accumulation d'eaux usées sanitaires, ou de matières contenant de telles boues	Interdit dans l'aire de protection virologique si réputée vulnérable	Boues ou au matières certifiées conformes à la norme CAN/BNQ 0413-200 ou CAN/BNQ 0413-400	Art. 30

**Tableau 8**  
**Dispositions à prendre lors d'une contamination en nitrates**

Indicateurs de contamination par les nitrates	Dispositions	Article
Deux contrôles consécutifs de la qualité de l'eau révèlent une concentration en nitrates supérieure à 5 mg/l.	La municipalité peut interdire l'épandage de déjections animales, de compost de ferme, d'engrais minéraux et de matières résiduelles fertilisantes dans des portions définies de l'aire d'alimentation de l'ouvrage.	Art. 27
Un contrôle de la qualité de l'eau révèle une concentration en nitrates supérieure à 3 mg/l.	Le propriétaire du captage doit aviser les exploitants agricoles qui utilisent les parcelles de l'aire d'alimentation du captage.	Art. 28

### 8.3 Aires de protection des puits P-2 et P-3 et inventaire des activités

Ce qui suit présente les limites des aires de protection immédiate, rapprochée et éloignée des puits P-2 et P-3 ainsi que l'inventaire des activités qui y sont présentes. Ce dernier a consisté à identifier les activités et les ouvrages susceptibles de modifier la qualité microbiologique de l'eau souterraine à l'intérieur des différentes aires de protection.

L'aire de protection immédiate correspond, en général, au terrain situé à l'intérieur d'un rayon de 30 mètres autour de l'ouvrage de captage. Ce terrain doit être délimité par une clôture cadénassée. Les activités, les installations ou les dépôts de matières ou d'objets qui risquent de contaminer l'eau souterraine sont interdits dans cet enclos, à l'exception de l'équipement nécessaire à l'exploitation de l'ouvrage de captage.

Selon le RCES, « cette aire [aire de protection immédiate] peut présenter une superficie moindre si une étude hydrogéologique [...] démontre la présence d'une barrière naturelle de protection, par exemple la présence d'une couche d'argile » (art. 24). Dans le cas présent, l'aire de protection immédiate des puits P-2 et P-3 peut présenter une superficie moindre puisque la formation aquifère est surmontée d'une couche de confinement imperméable qui fait office de couvert protecteur contre les infiltrations directes à partir de la surface. De plus, il a été démontré qu'il n'y pas de lien hydraulique entre la formation aquifère profonde (nappe captive) et la formation aquifère en surface (nappe libre) (réf. section 4.3.2). Pour ces raisons, la réduction du périmètre de protection immédiat n'aura pas d'impact sur la qualité de l'eau souterraine extraite des puits P-2 et P-3. À cet effet, nous considérons que le périmètre de protection immédiat peut être réduit au minimum requis, soit un rayon de 3 mètres. Ce périmètre devra être clôturé pour empêcher l'accès direct aux puits.

L'aire de protection rapprochée est délimitée par les aires de protection bactériologique et virologique. L'aire de protection bactériologique correspond à la portion de l'aire d'alimentation définie par l'emploi d'un temps de migration de l'eau souterraine de 200 jours, tandis que l'aire de protection virologique est la portion de l'aire d'alimentation correspondant à un temps de migration de 550 jours. Les dimensions de l'aire de protection rapprochée des puits P-2 et P-3 ont été établies par la méthode analytique de Bear. Les paramètres nécessaires aux calculs sont ceux utilisés pour déterminer l'aire d'alimentation en plus de la porosité et de l'épaisseur saturée de l'aquifère exploité (réf. section 7.0). Avec cette méthode, une équation mathématique permet de calculer les courbes d'égal temps de transfert (isochrones) vers l'ouvrage de captage. Les calculs détaillés sont présentés à l'annexe 6. Les dimensions de l'aire de protection rapprochée sont présentées au tableau 9 et les limites sont définies à la figure 5.

**Tableau 9**  
**Aire de protection rapprochée des puits P-2 et P-3**

Ouvrages de captage	Aire de protection rapprochée	
	Aire bactériologique (m) (200 jours)	Aire virologique (m) (550 jours)
Puits P-2 et P-3	211	386

Les activités présentes dans l'aire de protection rapprochée (bactériologique et virologique) des puits P-2 et P-3 sont de nature résidentielle, agricole et commerciale. La zone délimitée par cette aire est située en zone agricole, à l'exception du périmètre urbain qui est situé en zone blanche. Des fossés de drainage et des chemins privés et publics sont présents sur ce territoire. Dans le périmètre urbain (zone blanche), les résidences sont reliées aux réseaux municipaux d'aqueduc et d'égouts sanitaires. Aucun lieu de traitement des eaux usées ou de stockage à même le sol de déjections animales, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes n'a été répertorié dans l'aire de protection rapprochée.

L'aire de protection éloignée équivaut à la portion de l'aire d'alimentation située en amont hydraulique de l'aire de protection virologique. La zone délimitée par cette aire est située dans la vallée de rivière du Gouffre. Ce territoire est situé en zones blanche et verte (agricole).

#### 8.4 Vulnérabilité de l'aquifère et indice DRASTIC

L'évaluation de la vulnérabilité de l'aquifère sollicité par les puits P-2 et P-3 a été réalisée à l'aide de la méthode DRASTIC. Cette méthode de détermination de l'indice de vulnérabilité des eaux souterraines est la plus utilisée. Elle repose sur trois hypothèses de base qui se décrivent de la façon suivante :

- les sources de contamination potentielles se trouvent à la surface du sol;
- de la surface du sol, les contaminants potentiels atteignent l'aquifère par le mécanisme d'infiltration efficace;
- la nature des contaminants potentiels n'est pas considérée dans le calcul de l'indice<sup>8</sup>.

L'indice DRASTIC est basé sur sept paramètres dont les premières lettres forment l'acronyme DRASTIC : profondeur (depth) de la nappe (D), recharge annuelle (R), type d'aquifère (A), type de sol (S), topographie des lieux (T), impact de la zone vadose (I) et conductivité hydraulique de l'aquifère (C). Un poids est attribué à chacun des paramètres selon son importance. Le produit de ce poids par une cote dépendant des conditions locales constitue un indice DRASTIC partiel et la somme de ces indices forme l'indice total du lieu sous investigation.

Les calculs détaillés de l'indice DRASTIC caractérisant le système aquifère à l'étude sont présentés à l'annexe 7. La valeur obtenue pour les puits P-2 et P-3 est 66 (21,2 %) et caractérise un aquifère ayant un degré de vulnérabilité très faible. Ce résultat est en partie attribuable à la profondeur élevée du toit de l'aquifère et à la présence d'une couche imperméable surmontant l'aquifère.

La réglementation pertinente à la qualité de l'eau potable et à l'exploitation des eaux souterraines est plus restrictive pour les activités à contrôler ou à interdire dans les aires de protection lorsque l'indice DRASTIC est supérieur ou égal à 100, ce qui n'est pas le cas de l'aquifère alimentant les puits P-2 et P-3.

---

8. Les hypothèses sont tirées du *Guide de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captage d'eau souterraine*.

## 8.5 Réglementation applicable aux puits P-2 et P-3

Les conditions de l'aquifère qui sera exploité par la ville de Baie-Saint-Paul indiquent que les puits P-2 et P-3 sont faiblement vulnérables à la contamination. Puisque l'indice DRASTIC est inférieur à 100, les contraintes mentionnées dans la réglementation sont beaucoup moins restrictives et ces dernières sont décrites aux paragraphes suivants.

En vertu de l'article 24 du RCES, les activités, installations ou dépôts de matières ou d'objets qui risquent de contaminer l'eau souterraine sont interdits à l'intérieur de l'aire de protection immédiate, à l'exception de l'équipement nécessaire à l'exploitation de l'ouvrage de captage. La finition du sol doit être réalisée de façon à prévenir le ruissellement d'eau. Considérant les conditions hydrogéologiques présentes à l'emplacement des puits, le périmètre de protection immédiat peut être réduit au minimum requis, soit un rayon de 3 mètres. Ce périmètre doit être clôturé pour empêcher l'accès direct aux puits et une affiche indiquant la présence d'une source d'eau souterraine doit y être apposée.

En vertu de l'article 26 du RCES, l'épandage de déjections animales, de compost de ferme, d'engrais minéraux et de matières résiduelles fertilisantes est interdit à moins de 30 mètres, soit l'aire de protection immédiate. Cette distance est toutefois portée à 100 mètres lorsqu'il s'agit de boues provenant d'ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées ou de tout autre système de traitement ou d'accumulation d'eaux usées sanitaires et que ces boues ou matières ne sont pas certifiées conformes à la norme CAN/BNQ 0413-200 ou CAN/BNQ 0413-400.

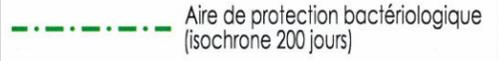
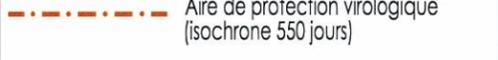
En vertu de l'article 29 du RCES, l'érection ou l'aménagement d'une installation d'élevage d'animaux ou d'un ouvrage de stockage de déjections animales est interdit dans un rayon de 30 mètres. Dans le cas de l'aménagement d'un enclos d'hivernage de bovins de boucherie, l'interdiction s'applique dans un rayon de 75 mètres. Ne sont pas visés par le présent article les élevages de canidés et de félidés, de même que les piscicultures, les zoos, les parcs et les jardins zoologiques.

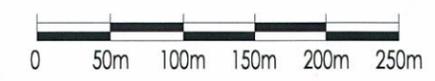
En vertu de l'article 30 du RCES, le stockage à même le sol de déjections animales, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes dans un champ cultivé est interdit dans un rayon de 300 mètres.

À l'intérieur de l'aire de protection éloignée, les activités qui requièrent ou produisent des substances dangereuses, mobiles et persistantes dans l'environnement (produits pétroliers, pesticides, etc.) devront être contrôlées. L'utilisation de pesticides à potentiel élevé de lessivage sur les terres arables devrait être faite avec minutie et sous la supervision d'un agronome.

Il faudrait aussi éviter de mettre la nappe en contact direct avec la surface par la construction de puits ou de forages non effectués selon les règles de l'art, par l'aménagement d'ouvrages de géothermie et par la réalisation de travaux de construction permettant un lien avec la nappe phréatique. Toute activité pouvant générer une contamination des sols et de l'eau souterraine devra faire l'objet d'une étude avant sa réalisation.



- Légende:**
-  Puits
  -  Forage
  -  Aire d'alimentation
  -  Rayon de 300 m
  -  Aire de protection bactériologique (isochrone 200 jours)
  -  Aire de protection virologique (isochrone 550 jours)



CLIENT:  
VILLE DE BAIE-SAINT-PAUL

PROJET:  
CONSTRUCTION DES PUIITS P-2 ET P-3

FIGURE:  
FIGURE 5  
AIRES DE PROTECTION DES PUIITS P-2 ET P-3

PROJET: 09101-101	ÉCHELLE: 1 : 5 000	DATE: 2009-09-17
CONCEPTION: R.LAMONTAGNE	DESSINÉ PAR: P.LACHANCE	VÉRIFIÉ PAR: G.MICHAUD
VERSION: 1	CARTE DE REF: Orthophoto 01806-072	NUMÉRO DE Dessin: 09101-101-FIGURE #5

## **9.0 Impact sur l'environnement, les autres usagers et la santé publique**

### **9.1 Impact sur l'environnement**

L'impact d'un projet sur l'environnement implique que l'exploitation de tout ouvrage de captage d'eau potable ne doit pas perturber ou nuire à l'environnement.

Les puits P-2 et P-3 exploitent un aquifère captif dans une formation de sable protégée par une couche imperméable. Le territoire formant l'aire d'alimentation théorique des puits recoupe le périmètre urbain de la ville ainsi que des terres agricoles. Les plans d'eau présents sont la rivière du Gouffre et ses tributaires. Sur la base des résultats obtenus lors des essais de pompage, aucun indicateur ne nous a révélé que l'exploitation des puits aura un impact mesurable sur la faune et la flore. En effet, le toit de l'aquifère étant situé à 126,5 mètres de profondeur et le niveau de la nappe maintenu au-dessus de la surface du sol, le rabattement de la nappe observé n'affectera pas la faune et la flore présentes à la surface du terrain de même que les cours d'eau présents et par conséquent, aucun impact majeur sur l'environnement n'est à prévoir.

### **9.2 Impact sur les autres usagers**

L'impact d'un projet sur les autres usagers implique que l'exploitation de tout ouvrage de captage d'eau potable ne doit pas nuire aux installations de captage privées, tant au point de vue quantitatif que qualitatif.

Selon les informations recueillies lors de nos travaux, il n'y a pas d'autres usagers qui s'alimentent en eau souterraine dans le territoire formant l'aire de protection rapprochée des puits P-2 et P-3 et par conséquent, aucun impact n'est à prévoir.

### **9.3 Impact sur la santé publique**

L'impact du projet sur la santé publique implique que l'exploitation de tout ouvrage de captage d'eau potable ne doit pas nuire à la santé des usagers.

La qualité de l'eau souterraine, telle qu'elle a été définie par les résultats des analyses effectuées, rencontre toutes les normes et recommandations en vigueur pour l'eau potable. Pour cette raison, aucun impact sur la santé publique n'est à prévoir lors de l'utilisation de cette eau.

## 10.0 Conclusion et recommandations

### 10.1 Conclusion

La ville de Baie-Saint-Paul a mandaté notre firme, MissionHGE inc., pour procéder à la construction d'un puits (P-2) de plus grand diamètre à proximité du forage exploratoire BSP-7. Le but visé par la construction du puits P-2 était d'établir, à l'aide d'essais de pompage, le potentiel de la formation aquifère mise à jour, tant au niveau quantitatif que qualitatif. Le mandat incluait également la transformation du forage exploratoire BSP-7 en puits de captage (P-3). Le présent document consigne l'ensemble des informations recueillies durant la réalisation de ces travaux, soit la construction des puits P-2 et P-3 et la réalisation des essais de pompage avec échantillonnage et analyse d'eau. Il inclut également la détermination des aires de protection autour des puits P-2 et P-3 ainsi que l'évaluation de la vulnérabilité de l'aquifère sollicité par ces derniers.

Le puits P-2 a été construit à 6,48 mètres du forage exploratoire BSP-7. Il a un diamètre de 20,32 centimètres et une profondeur totale de 152,72 mètres. Une crépine en acier inoxydable de type télescopique de 20,32 centimètres de diamètre par 18,96 mètres de longueur est présente dans l'intervalle de profondeur compris entre 133,76 et 152,72 mètres. Une collerette de ciment-bentonite de 30,48 centimètres de diamètre est présente dans la partie sommitale du puits afin d'éliminer l'infiltration d'eau de surface le long du tubage du puits. La séquence stratigraphique interceptée au droit du puits indique que la formation aquifère présente à cet endroit est une nappe captive.

Afin d'avoir une source d'approvisionnement en eau sécuritaire, le forage exploratoire BSP-7 a été transformé en puits de captage (P-3). Considérant les dangers de rupture du tubage et les fortes pressions artésiennes présentes à cet emplacement, aucune crépine n'a été installée dans l'ouvrage, ce qui fait que le puits P-3 est aménagé à bout de tubage. Pour assurer une protection adéquate contre l'infiltration d'eau de surface le long du tubage du puits, une collerette de ciment-bentonite de 25,4 centimètres de diamètre a été mise en place dans la partie sommitale du puits.

Un essai de pompage prolongé ainsi qu'un essai de remontée ont été réalisés aux puits P-2 et P-3 dans le but de vérifier la capacité des ouvrages de captage, de connaître le potentiel de la formation aquifère mise à jour, tant au niveau quantitatif que qualitatif, et de connaître les propriétés hydrauliques de la formation aquifère. L'essai de pompage a débuté par le pompage du puits P-2 à un débit de 2,6498 m<sup>3</sup>/min (700 guspm). Toutefois, considérant la progression des rabattements, le débit a été diminué à 1,8927 m<sup>3</sup>/min (500 guspm) après 17 jours de pompage. Suivant la diminution du débit, la courbe de rabattement a pris une tendance à la stabilisation. Le puits P-3 a alors été mis en opération à un débit de 0,3785 m<sup>3</sup>/min (100 guspm). Après 14 jours de pompage de la nappe aquifère à un débit totalisant 2,2712 m<sup>3</sup>/min (600 guspm), il n'y a pas eu une stabilisation complète des rabattements dans les ouvrages. Toutefois l'extrapolation de la tendance des courbes montre que l'aquifère est en mesure de supporter ce débit sur une longue période. D'autre part, il faut penser que l'exploitation des ouvrages permettra des temps de repos et que l'interprétation des données ne tient pas compte de la recharge printanière et automnale. Après l'arrêt du pompage, la remontée du niveau d'eau a été observée pendant 38 jours. Les données recueillies indiquent que pour les conditions hydrogéologiques et climatiques qui prévalaient au

moment de l'essai, l'aquifère n'a pas été en surexploitation lors de l'essai de pompage de 49 jours à un débit moyen de 2,1558 m<sup>3</sup>/min (569,5 guspm).

Durant les essais de pompage et de remontée, des mesures ont été réalisées dans le piézomètre BSP-8 afin de vérifier l'existence d'un lien hydraulique entre la formation aquifère profonde (nappe captive) et la formation aquifère en surface (nappe libre). Les données recueillies ont démontré que le pompage de la nappe captive n'a eu aucune influence sur le niveau de la nappe libre. Sur la base de ces résultats, nous concluons qu'aucun lien hydraulique n'est présent entre la nappe captive et la nappe libre.

En fonction du potentiel de captation de la nappe captive en condition artésienne et de la stabilisation du niveau dynamique obtenue lors de l'essai de pompage prolongé, les débits d'exploitation ont été fixés à 1,8927 m<sup>3</sup>/min (500,0 guspm) au puits P-2 et à 0,3785 m<sup>3</sup>/min (100,0 guspm) au puits P-3. Les puits P-2 et P-3 pourront être utilisés en simultané, à un débit total d'exploitation de 2,2712 m<sup>3</sup>/min (600,0 guspm) en usage continu. Des écarts à ces valeurs peuvent toutefois être envisagés lors d'un fonctionnement plus ponctuel. En effet, puisque le débit du puits P-2 est fonction de la pression artésienne du moment, ce dernier pourra être exploité, de façon sporadique, à un débit n'excédant pas 5,2996 m<sup>3</sup>/min (1 400 guspm), soit la capacité maximale de conception de l'ouvrage. Lors de l'exploitation permanente des puits P-2 et P-3, il sera important de faire un suivi des conditions d'exploitation, c'est-à-dire la vérification périodique des débits pompés et la prise des mesures de rabattement dans les puits. La compilation journalière et l'interprétation de ces données sur une base hebdomadaire nous permettront d'apporter les ajustements nécessaires afin d'assurer une exploitation adéquate de l'aquifère présent à cet endroit. De plus, la réalisation d'un programme de gestion d'aquifère approprié aux besoins de la ville devra être entrepris pour que les représentants et le personnel en charge de la ressource en eau souterraine soient en mesure de prendre les décisions qui s'imposent dans les meilleurs délais pour assurer la pérennité de la ressource.

La qualité de l'eau des puits P-2 et P-3 a été vérifiée par des analyses en laboratoire sur des échantillons prélevés au cours de l'essai de pompage. Au point de vue bactériologique et physico-chimique, l'eau extraite des puits rencontre toutes les normes du RQEP en vigueur pour l'eau potable. Sur la base des résultats obtenus, l'eau peut être qualifiée d'excellente qualité.

L'aire d'alimentation des puits P-2 et P-3 a été évaluée par la méthode de Todd et les aires de protection bactériologique et virologique ont été déterminées par la méthode de Bear. Les paramètres nécessaires à la détermination de l'aire d'alimentation sont la transmissivité, le gradient hydraulique et le débit moyen exploité. Pour la détermination de l'aire de protection rapprochée, deux autres variables sont considérées, soit la porosité du milieu aquifère et l'épaisseur saturée. La détermination des caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère sollicité a été réalisée en fonction de la compilation, de la synthèse et de l'interprétation des données pertinentes à l'hydrogéologie du secteur.

L'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines sollicitées par les puits de captage P-2 et P-3 a été réalisée avec la méthode DRASTIC. Le résultat obtenu indique que la nappe aquifère est faiblement vulnérable à la contamination en provenance de la surface (DRASTIC inférieur à 100). Ce résultat est en partie attribuable à la profondeur

élevée du toit de l'aquifère et à la présence d'une couche imperméable surmontant l'aquifère. À cause de la faible vulnérabilité de la nappe aquifère exploitée, les contraintes mentionnées dans la réglementation sont moins restrictives. Par contre, toute activité pouvant générer, à l'intérieur de l'aire d'alimentation des puits, une contamination persistante des sols et de l'eau souterraine devra faire l'objet d'une étude avant sa réalisation.

Sur la base des travaux réalisés jusqu'à maintenant, aucun impact sur l'environnement, les autres usagers et la santé publique n'est à prévoir lors de l'exploitation des puits P-2 et P-3.

Le tableau 10 présente un sommaire des résultats obtenus aux puits P-2 et P-3 de la ville de Baie-Saint-Paul.

**Tableau 10**  
**Sommaire des résultats obtenus aux puits P-2 et P-3**

Puits de captage	Unité	P-2 et P-3
<b>Paramètres hydrogéologiques</b>		
Transmissivité	m <sup>2</sup> /min	0,3394
Épaisseur saturée	m	25,83
Gradient hydraulique	sans unité	0,003
Porosité	sans unité	0,25
Débit moyen d'exploitation	m <sup>3</sup> /min	
<b>Aire d'alimentation</b>		
Largeur en amont	m	2 231
Largeur à la hauteur des puits	m	1 115
Rayon d'appel en aval	m	355
<b>Aire de protection rapprochée</b>		
Aire bactériologique (200 jours)	m	211
Aire virologique (550 jours)	m	386
<b>Vulnérabilité de l'aquifère</b>		
Indice DRASTIC	sans unité	66

## 10.2 Recommandations

Les résultats des travaux réalisés dans le cadre de notre mandat nous conduisent à faire les recommandations suivantes :

1. Afin de procéder à la mise en service des puits P-2 et P-3, la ville devra procéder à la demande du certificat d'autorisation.
2. Procéder au raccordement des puits et garder les tubages permanents au-dessus de la surface du sol ( $\pm 1$  mètre) afin de laisser un libre accès en tout temps aux puits advenant un bris mécanique et/ou pour la réalisation de toute autre intervention à l'intérieur des puits.

3. Fixer le débit du puits P-2 à 1,8927 m<sup>3</sup>/min (500,0 guspm) dans l'optique d'une exploitation sans l'utilisation d'équipements de pompage. La période de rodage, au cours de laquelle de nouveaux ajustements pourraient être effectués, est d'un an. Ces ajustements dépendront du suivi hebdomadaire du débit du puits et des niveaux de pompage.
4. Fixer le débit du puits P-3 à 0,37854 m<sup>3</sup>/min (100,0 guspm) dans l'optique d'une exploitation sans l'utilisation d'équipements de pompage. Les puits P-2 et P-3 pourront être utilisés en simultanée, à un débit total ne dépassant pas 2,2712 m<sup>3</sup>/min (600,0 guspm) en usage continu.
5. En fonction de la pression artésienne du moment, le puits P-2 pourra être exploité, de façon sporadique, à un débit n'excédant pas 5,2996 m<sup>3</sup>/min (1 400 guspm), soit la capacité maximale de conception de l'ouvrage.
6. Si l'installation d'équipements de pompage est envisagée pour un fonctionnement régulier, un essai de pompage devra être réalisé afin de confirmer le potentiel de la nappe aquifère en « condition de pompage continu ». Cependant, pour une courte période de temps, le puits P-2 pourra être exploité à l'aide d'équipements de pompage appropriés à un débit de 4,1392 m<sup>3</sup>/min (1 092 guspm). Dans ces conditions, le niveau dynamique devra demeurer en tout temps au-dessus du niveau de la mer (élévation zéro) afin d'empêcher l'intrusion d'eau salée.
7. Doter les puits d'instruments de mesure et de contrôle du débit et du niveau de l'eau, tel que le prévoit la réglementation.
8. Entreprendre un programme de suivi de la nappe (gestion d'aquifère) en collaboration avec notre firme pour une évaluation périodique des opérations et pour éviter une surexploitation ou une sous-exploitation de l'aquifère. Des lectures du débit et du niveau dynamique de pompage devront être prises de façon régulière dans les puits P-2 et P-3.
9. Installer une clôture sécuritaire aux limites de l'aire de protection immédiate des puits P-2 et P-3 (rayon de 3 mètres) pour empêcher l'accès direct aux puits. La clôture devra avoir une hauteur minimale de 1,8 mètre et une affiche indiquant la présence d'une source d'eau souterraine destinée à des fins de consommation humaine devra y être apposée.

## Références bibliographiques

MissionHGE inc., *Forages exploratoires dans la vallée de la rivière du Gouffre*, Ville de Baie-Saint-Paul, rapport technique, N/Réf. : 07320-201, février 2009.

Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, *Guide de conception des installations de production d'eau potable*, décembre 2006.

Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, *Guide de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captages d'eau souterraine*, mars 2006.

Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, *Règlement sur le captage des eaux souterraines (Q-2, r.1.3)*, 2002, mise à jour en 2008.

Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, *Directive sur le captage et la distribution de l'eau, directive n° 001 entrée en vigueur le 20 février 1984, modifiée le 6 février 1996*.

## **Annexe 1**

Analyses granulométriques

## **Annexe 2**

Rapports de forage et schémas  
d'aménagement des ouvrages

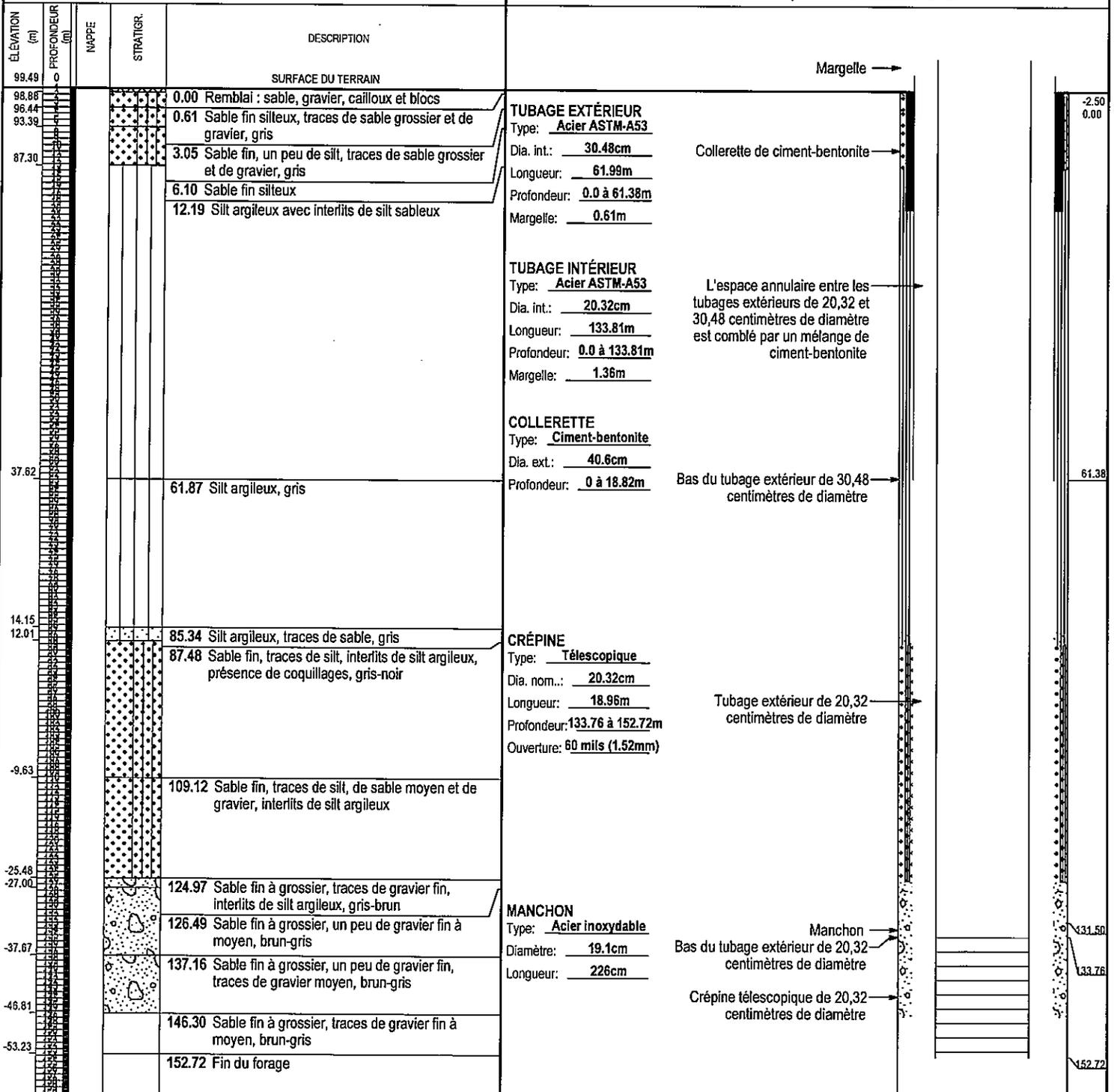
No. DE PROJET **09101-101** CLIENT \_\_\_\_\_

Ville de Baie-Saint-Paul

ENTREPRENEUR Samson et Frères inc. OPÉRATEUR Claude Bouffard TYPE DE MACHINERIE Rotative  
 SUPERVISION M. Rodrigue VÉRIFICATION R. Lamontagne TYPE D'AMÉNAGEMENT PUITS EXPÉRIMENTAL  
 COORDONNÉES GÉODÉSQUES X = 386 461. Y = 5 254 784. SYSTÈME DE COORDONNÉES UTM NAD83 ZONE 19  
 ÉLÉVATION DE SURFACE 99.49m ÉLÉVATION TUBAGE 100.10m RÉFÉRENCE ÉLÉVATION Arbitraire COUVERCLE CADENASSÉ: Non  
 DATE DÉBUT 2008-11-24 TECH. DE FORAGE SOL Rotation DIA. DE FORAGE SOL 20.3cm PROFONDEUR DU ROC N/A  
 DATE FIN 2009-05-13 TECH. DE FORAGE ROC N/A DIA. DE FORAGE ROC N/A PROFONDEUR DE LA NAPPE N/A

### COUPE GÉOLOGIQUE

### PUITS EXPÉRIMENTAL, SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT

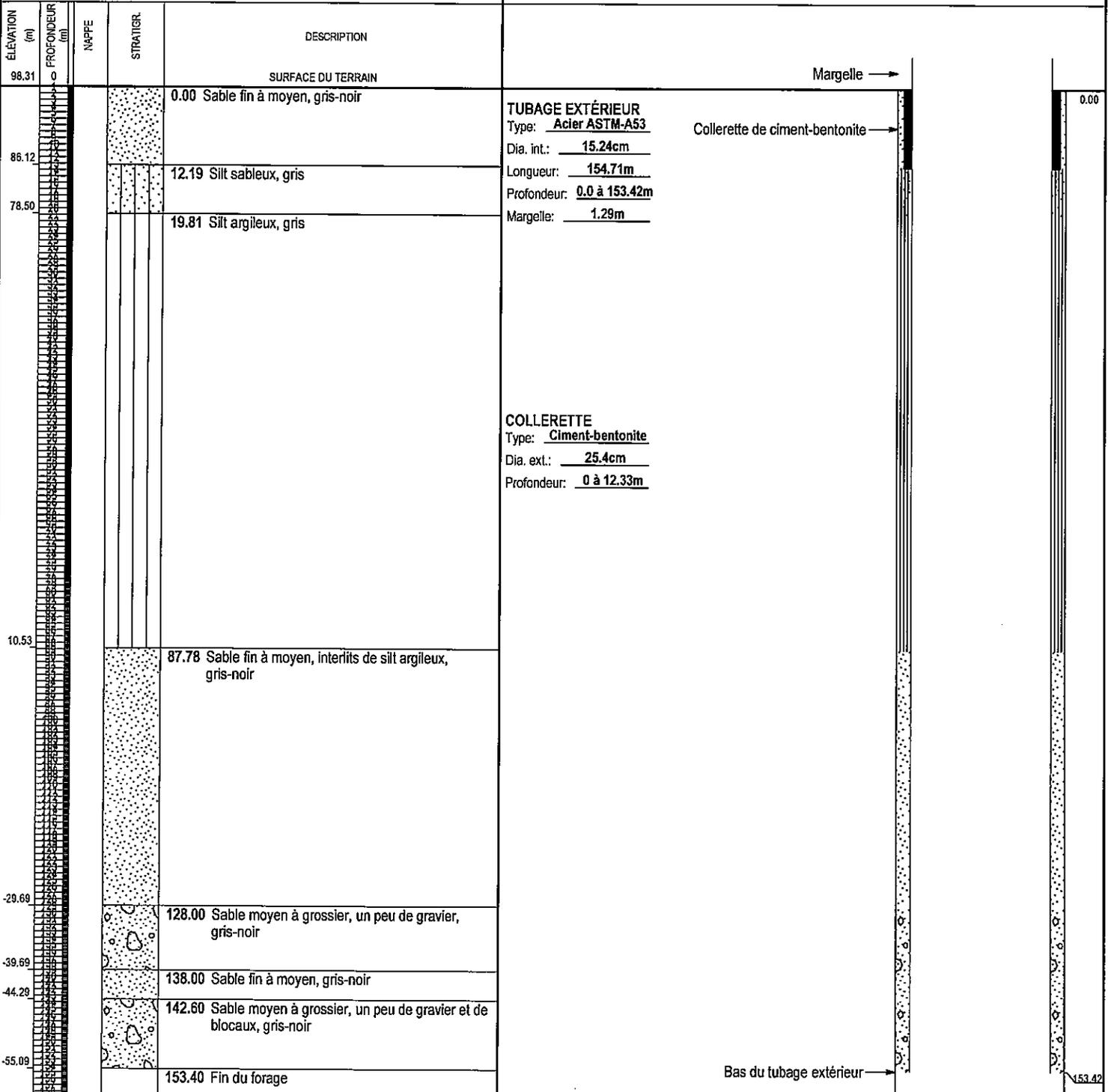


No. DE PROJET 09101-101 CLIENT Ville de Baie-Saint-Paul

ENTREPRENEUR Samson et Frères inc. OPÉRATEUR J. Bouffard TYPE DE MACHINERIE Rotative  
 SUPERVISION D. Lamontagne VÉRIFICATION R. Lamontagne TYPE D'AMÉNAGEMENT PUITS EXPÉRIMENTAL  
 COORDONNÉES GÉODÉSIQUES X = 386 457. Y = 5 254 789. SYSTÈME DE COORDONNÉES UTM NAD83 ZONE 19  
 ÉLÉVATION DE SURFACE 98.31m ÉLÉVATION TUBAGE 99.60m RÉFÉRENCE ÉLÉVATION Arbitraire COUVERCLE CADENASSÉ: Non  
 DATE DÉBUT 2008-09-29 TECH. DE FORAGE SOL Rotation DIA. DE FORAGE SOL 15.2cm PROFONDEUR DU ROC N/A  
 DATE FIN 2008-05-13 TECH. DE FORAGE ROC N/A DIA. DE FORAGE ROC N/A PROFONDEUR DE LA NAPPE Artésien

### COUPE GÉOLOGIQUE

### PUITS EXPÉRIMENTAL, SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT



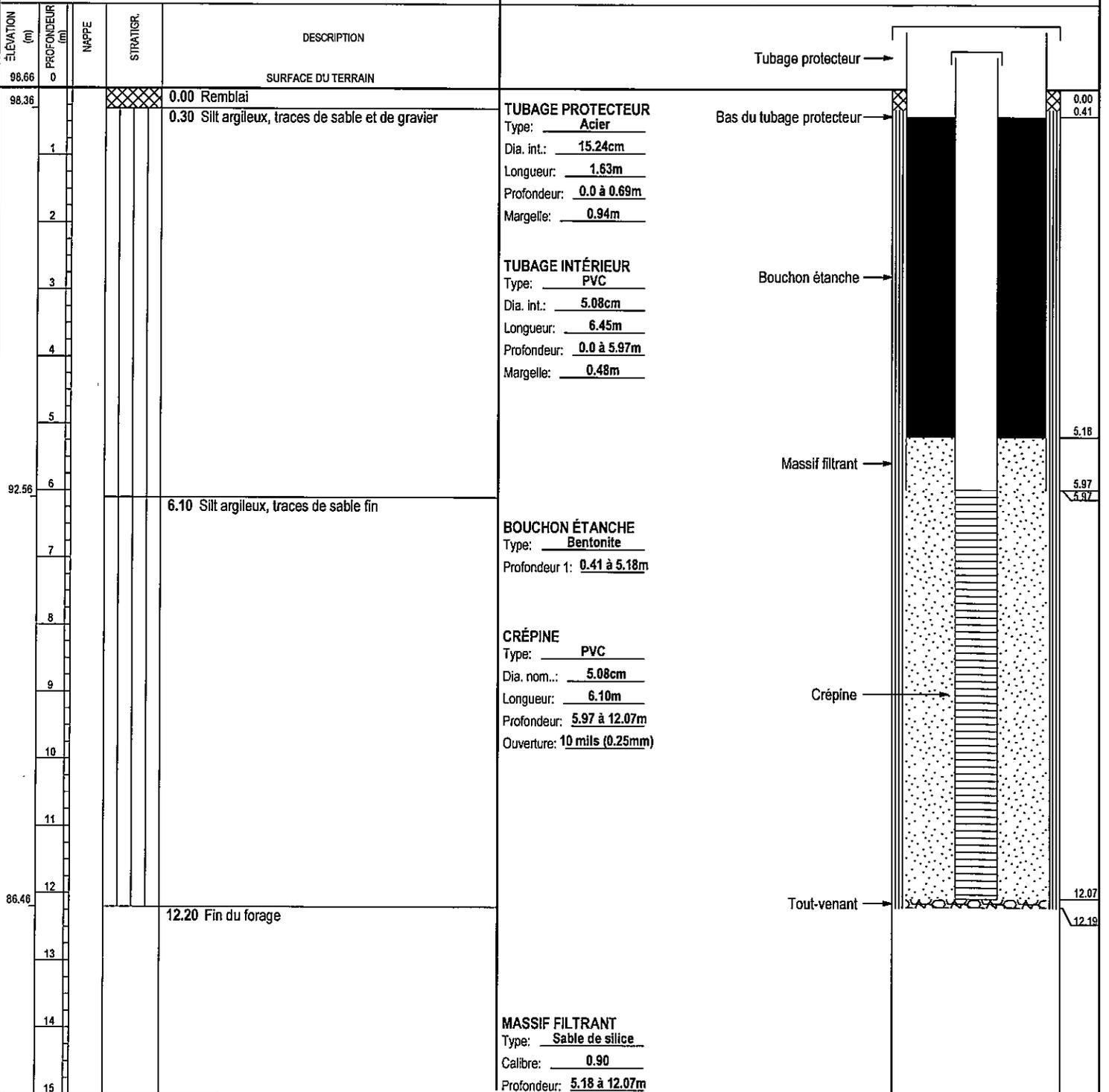
MISSION\_HGE\_HYDRO\_1\_09101-101\_P-3.CPJ MISSION\_HGE\_HYDRO-1.GDT 09-09-08

No. DE PROJET 07320-201 CLIENT Ville de Baie-Saint-Paul

ENTREPRENEUR Samson et Frères inc. OPÉRATEUR J. Bouffard TYPE DE MACHINERIE Rotative  
 SUPERVISION D. Lamontagne VÉRIFICATION R. Lamontagne TYPE D'AMÉNAGEMENT PIÉZOMÈTRE  
 COORDONNÉES GÉODÉSQUES X = 386 462. Y = 5 254 796. SYSTÈME DE COORDONNÉES UTM NAD83 ZONE 19  
 ÉLÉVATION DE SURFACE 98.66m ÉLÉVATION TUBAGE 99.60m RÉFÉRENCE ÉLÉVATION Arbitraire COUVERCLE CADENASSÉ: Oui  
 DATE DÉBUT 2008-10-03 TECH. DE FORAGE SOL Rotation DIA. DE FORAGE SOL 15.2cm PROFONDEUR DU ROC N/A  
 DATE FIN 2008-10-03 TECH. DE FORAGE ROC N/A DIA. DE FORAGE ROC N/A PROFONDEUR DE LA NAPPE N/A

### COUPE GÉOLOGIQUE

### PIÉZOMÈTRE, SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT



## **Annexe 3**

Document photographique



Photo 1 : Forage du puits P-2



Photo 2 : Forage du puits P-2

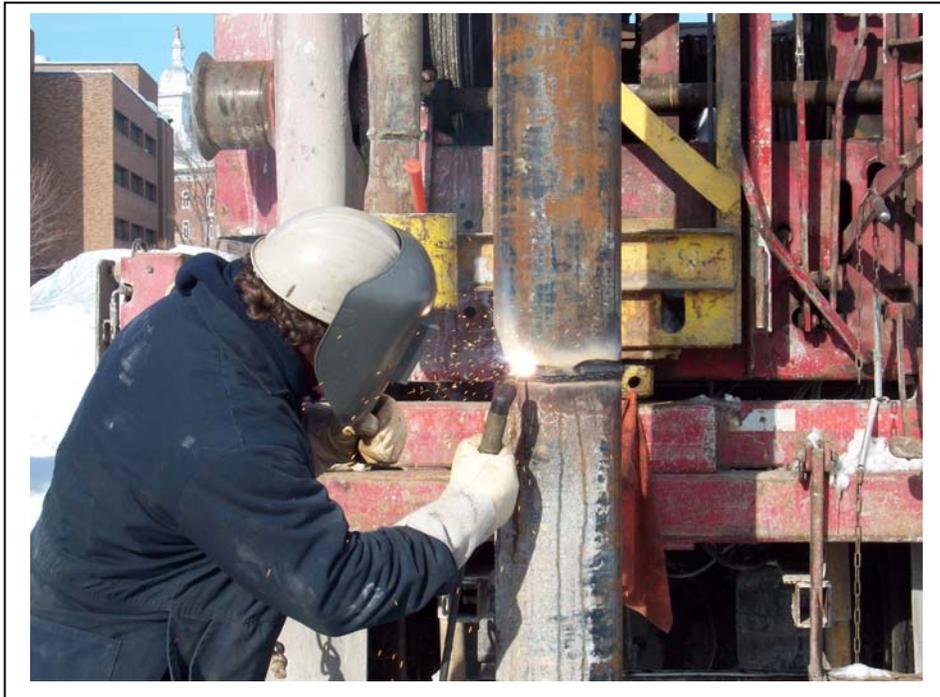


Photo 3 : Soudure du tubage d'acier (puits P-2)



Photo 4 : Mise en place du tubage d'acier (puits P-2)



Photo 5 : Mise en place du tubage d'acier (puits P-2)



Photo 6 : Soudure du tubage d'acier (puits P-2)



Photo 7 : Crépine du puits P-2



Photo 8 : Mise en place de la crépine au puits P-2

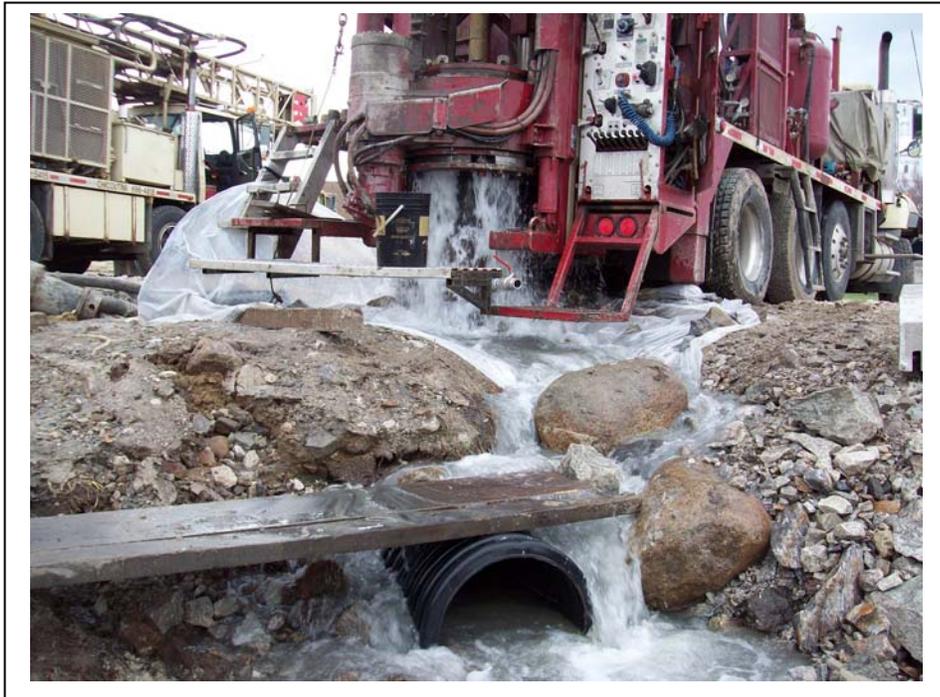


Photo 9 : Construction du puits P-2



Photo 10 : Forage du puits P-2



Photo 11 : Développement du puits P-2



Photo 12 : Puits P-2 en construction et puits P-3



Photo 13 : Piézomètre BSP-8 et puits P-2 et P-3

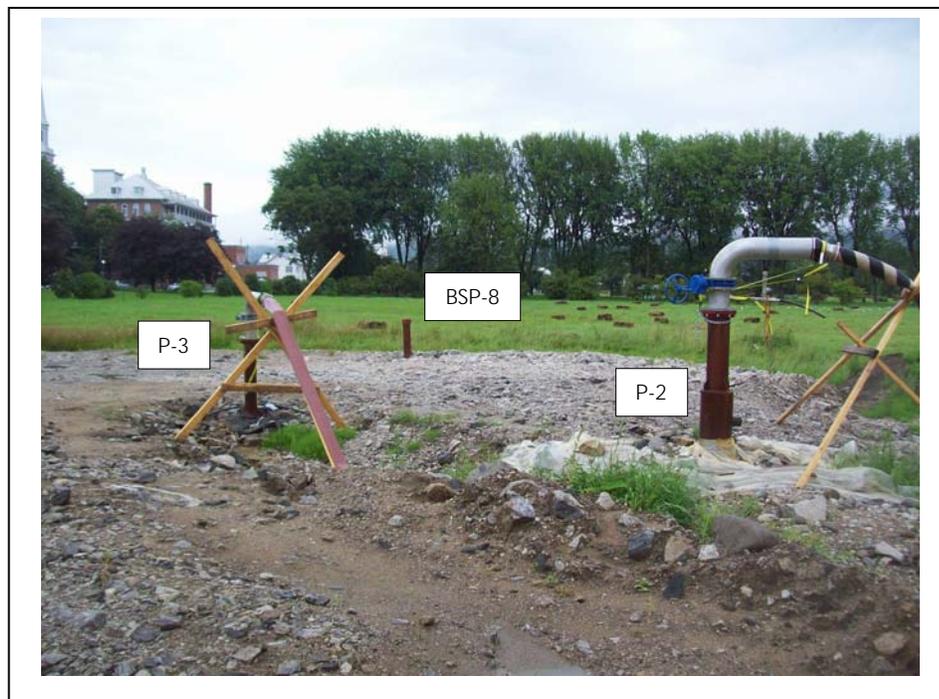


Photo 14 : Équipements de pompage aux puits P-2 et P-3



Photo 15 : Vanne et manomètre du puits P-3



Photo 16 : Vanne et manomètre du puits P-2

# ANNEXE 2

## Documentations consultées

## Document fournis par la ville

Titre	Date
Mission HGE inc., Construction des puits P-2 et P-3 – Rapport Technique, N/Réf. : 09101-101	11 novembre 2009
Déclaration des prélèvements d'eau	2014 à 2018
Bouchard S., Fillion G., Pan directeur d'eau potable, Ville de Baie-Saint-Paul,	2016

## Principaux Logiciel utilisé

Titre	Version
QGis (incluant, SAGA et GRASS)	3.10.5
Suite Micorsoft	Office 365
Surfer (Golden software)	17.1.288
Grapher (Golden Software)	12.7.855

## Information numérique utilisé

Titre	Type de fichier
Gouvernement du Canada, Extraction de données géospatial, géogratias, CanVec, <a href="https://cartes.canada.ca/czs/index-fr.html">https://cartes.canada.ca/czs/index-fr.html</a>	tif, shp, xyz
Gouvernement du Canada, Rapport de données moyenne entre 1981 et 2010 – Station Baie-Saint-Paul, [En ligne] <a href="http://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_f.html">http://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_f.html</a>	.xlsx
Gouvernement du Québec, Système d'information hydrogéologique (SIH), <a href="http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/sih/index.htm">http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/sih/index.htm</a>	csv
Banque de données topographique du Québec, BDTQ, <a href="https://servicesmatriciels.mern.gouv.qc.ca/erdas-iws/ogc/wms/Cartes_Images?">https://servicesmatriciels.mern.gouv.qc.ca/erdas-iws/ogc/wms/Cartes_Images?</a>	Wms*
Données topographique du Canada, CanVec, <a href="https://maps.geogratias.gc.ca/wms/canvec_fr?version=1.3.0&amp;legend_format=image/png&amp;feature_info_type=text/html&amp;layers=canvec">https://maps.geogratias.gc.ca/wms/canvec_fr?version=1.3.0&amp;legend_format=image/png&amp;feature_info_type=text/html&amp;layers=canvec</a>	wms
Service Web cartographique écoforestier, IGO, <a href="https://geoggl.msp.gouv.qc.ca/ws/mffpecofor.fcgi?">https://geoggl.msp.gouv.qc.ca/ws/mffpecofor.fcgi?</a>	wms
Couche d'information du Réseau d'information sur les eaux souterraines, RIES, <a href="http://gin.gw-info.net/service/gin/wms/mediator/gin_fr?version=1.3.0&amp;LAYERS=gw_recharge&amp;legend_format=image/png&amp;feature_info_type=text/html">http://gin.gw-info.net/service/gin/wms/mediator/gin_fr?version=1.3.0&amp;LAYERS=gw_recharge&amp;legend_format=image/png&amp;feature_info_type=text/html</a>	wms
Système d'information géominière du Québec, SIGÉOM, <a href="https://servicesvectoriels.atlas.gouv.qc.ca/IDS_SGM_WMS/service.svc/get?">https://servicesvectoriels.atlas.gouv.qc.ca/IDS_SGM_WMS/service.svc/get?</a>	Wms, shp
Canadian digital elevation model, édition 1.1, 2016-10-21, gouvernement du canada	tiff
Centre d'expertise hydrique, Limite de bassin versant du québec, <a href="https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/index.htm">https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/index.htm</a>	shp
Mnistère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques, Sytème d'information hydrogéologique, <a href="http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/sih/index.htm">http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/sih/index.htm</a>	csv

\*WMS = web mapping services interrogé avec le logiciel QGis 3.6.0

# ANNEXE 3

## Correspondance avec le MELCC

**Sujet :** Rencontre avec hydrogéologue, dossier RPEP, puits de captage de l'eau potable au centre-ville de Baie-Saint-Paul (RDD-2012)

**De :** "Ben Aissia, Aymen" <Aymen.BenAissia@environnement.gouv.qc.ca>

**Date :** 2019-11-06 11:53

**Pour :** "jeandaniel@baiesaintpaul.com" <jeandaniel@baiesaintpaul.com>

**Copie à :** Ogeo <shuard@ogeo.ca>, "Fortier, Julien" <Julien.Fortier@environnement.gouv.qc.ca>

Bonjour M. Daniel,

Nous confirmons que le ministère considère que les aires de protection intermédiaires évaluées selon le RCES sont acceptables dans la mesure où le consultant juge qu'il n'est pas nécessaire de les réévaluer dans le cadre de la réalisation du rapport d'analyse de vulnérabilité.

N'hésitez pas à communiquer avec moi pour toute précision ou complément d'information.

Veuillez accepter, Monsieur, nos salutations les meilleures.

Aymen Ben Aissia, ing. PhD.

Service de l'analyse et de l'expertise de la Capitale-Nationale

Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de la Capitale-Nationale

Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques

1175, boulevard Lebourgneuf, bureau 100

Québec (Québec)

G2K 0B7

Téléphone : (418) 644-8844 # 321

Télécopieur : (418) 646-1214

Courriel: [aymen.ben-aissia@environnement.gouv.qc.ca](mailto:aymen.ben-aissia@environnement.gouv.qc.ca)

**AVIS DE CONFIDENTIALITÉ**

*Le présent message, ainsi que tout fichier qui y est joint, est envoyé à l'intention exclusive de son ou de ses destinataires et il est de nature confidentielle. Si le lecteur du présent message n'est pas le destinataire prévu, il est prié de noter qu'il est strictement interdit de divulguer, de distribuer ou de copier ce message et tout fichier qui y est joint. Si ce message vous a été transmis par mégarde, veuillez en aviser immédiatement l'expéditeur par retour de courriel et supprimer ce message ainsi que tout fichier joint de votre système. Merci.*

---

**De :** Jean Daniel [<mailto:jeandaniel@baiesaintpaul.com>]

**Envoyé :** 28 octobre 2019 10:28

**À :** Germain, Marie <[Marie.Germain@environnement.gouv.qc.ca](mailto:Marie.Germain@environnement.gouv.qc.ca)>

**Objet :** RE: rencontre avec hydrogéologue, dossier RPEP, puits de captage de l'eau potable au centre-ville de Baie-Saint-Paul (RDD-2012)

Bonjour,

En fait, lors de notre demande de CA au ministère en 2011, la problématique de ne pas rencontrer tous les éléments de protection "théorique" du puits avait été mentionnée, à cette époque une tolérance du règlement (LQE) basé sur les arguments techniques compensatoires avait été considérée très satisfaisant. Le projet de captage a été réalisé avec succès permettant une protection sécuritaire adéquate de la qualité de l'eau dans le centre-ville intégrant une cohabitation des fermiers et des citoyens.

L'aspect unique d'un puits d'eau potable important au centre-ville de Baie-Saint-Paul n'est pas détaillé (non prévus)

dans la loi sur la qualité de l'environnement, bien que le PPASEP prévoit des dédommagements aux agriculteurs pour les pertes des producteurs agricoles si un abandon des terrains est recommandé/obligatoire pour protéger les zones de captage, l'intention de la Ville est toujours la cohabitation telle que mentionnée en 2011.

Cette particularité a été soulignée en 2011 et nous voudrions que le ministère reconnaisse définitivement cette particularité considérant la récurrence des RPEP tous les 5 ans.

Nous attendons la confirmation de M. Fortier pour cette rencontre.

Salutations

Jean Daniel, ing.

Jean Daniel, ing.  
Directeur du service du génie  
418-435-2205 poste 6221  
Télécopieur: 418-435-2688

 avant d'imprimer, pensez à l'environnement

**SERVIR ENSEMBLE POUR EXCELLER !**



Ville de Baie-Saint-Paul • 10, rue Forget, Baie-Saint-Paul (Québec) G2B 3K2  
T 418.435.2205 • F 418.435.2688 • [maire@baiesaintpaul.qc.ca](mailto:maire@baiesaintpaul.qc.ca)  
Membre fondateur de la Société de l'Énergie de Québec (SEÉQ)



**AVIS DE CONFIDENTIALITÉ.** Le présent message et les documents qui l'accompagnent peuvent contenir des informations confidentielles ou privilégiées à l'attention exclusive du destinataire désigné. Si vous n'êtes pas ce destinataire ou son employé ou mandataire autorisé, soyez avisé que toute diffusion ou reproduction de ces documents ou de leurs contenus est interdite. Si vous avez reçu cette transmission par erreur, veuillez communiquer immédiatement par téléphone, à frais virés, avec notre préposé(e) afin de nous en aviser et de convenir du mode de renvoi des documents reçus. Nous vous remercions de votre collaboration.

---

**De :** Germain, Marie [<mailto:Marie.Germain@environnement.gouv.qc.ca>]

**Envoyé :** 28 octobre 2019 09:12

**À :** Jean Daniel

**Cc :** Fortier, Julien

**Objet :** RE: rencontre avec hydrogéologue, dossier RPEP, puits de captage de l'eau potable au centre-ville de Baie-Saint-Paul (RDD-2012)

M. Daniel,

Comme cette rencontre semble être plus technique, j'ai transféré votre demande à M. Julien Fortier, coordonnateur du secteur municipal. Il communiquera avec vous.

Bonne journée !

*Marie Germain, ing.*

Directrice régionale de l'analyse et de l'expertise de la Capitale-Nationale

100-1175, boulevard Lebourgneuf

Québec QC G2K 0B7

Téléphone : (418) 644-8844, poste 230

Télécopieur : (418) 646-1214

Courriel : [marie.germain@environnement.gouv.qc.ca](mailto:marie.germain@environnement.gouv.qc.ca)

---

**De :** Jean Daniel [<mailto:jeandaniel@baiesaintpaul.com>]

**Envoyé** : 27 octobre 2019 14:20

**À** : Germain, Marie <[Marie.Germain@environnement.gouv.qc.ca](mailto:Marie.Germain@environnement.gouv.qc.ca)>

**Objet** : rencontre avec hydrogéologue, dossier RPEP, puits de captage de l'eau potable au centre-ville de Baie-Saint-Paul (RDD-2012)

Bonjour,

Lors de la demande de CA pour le captage de l'eau potable aux puits P-2 et P-3 en 2011, la ville a obtenu l'autorisation pour la réalisation des travaux du réservoir et pour les opérations de captage. Lors de la rencontre avec le ministère (MELCC), le consultant et la ville nous avons convenu que la particularité géologique exceptionnelle (pression artésienne pour une crépine installée à 150 mètres de profondeur avec un recouvrement de  $\pm 75$  % d'argile) permettait à la Ville une protection de son captage au centre ville tout en assurant la pérennité de la sécurité et qualité de l'eau, voir CA ci-joint et extrait du rapport ci-dessous.

Afin de respecter les analyses du RPEP en cours présentement, nous vous demandons une brève rencontre pour que : l'hydrogéologue (M. Mario Huard) et l'OBV (M. Philippe Juneau) mandatés par la Ville, puissent compléter leurs analyses.

Nous vous proposons, si possible le jeudi 31 octobre à 10h 00 a vos bureaux de Québec.

Merci de vos commentaires. Salutations.

Jean Daniel

Tableau 10  
Sommaire des résultats obtenus aux puits P-2 et P-3

Puits de captage	Unité	P-2 et P-3
<b>Paramètres hydrogéologiques</b>		
Transmissivité	m <sup>2</sup> /min	0,3394
Épaisseur saturée	m	25,83
Gradient hydraulique	sans unité	0,003
Porosité	sans unité	0,25
Débit moyen d'exploitation	m <sup>3</sup> /min	
<b>Aire d'alimentation</b>		
Largeur en amont	m	2 231
Largeur à la hauteur des puits	m	1 115
Rayon d'appel en aval	m	355
<b>Aire de protection rapprochée</b>		
Aire bactériologique (200 jours)	m	211
Aire virologique (550 jours)	m	386
<b>Vulnérabilité de l'aquifère</b>		
Indice DRASTIC	sans unité	66

## 10.2 Recommandations

Les résultats des travaux réalisés dans le cadre de notre mandat nous conduisent à faire les recommandations suivantes :

1. Afin de procéder à la mise en service des puits P-2 et P-3, la ville devra procéder à la demande du certificat d'autorisation.
2. Procéder au raccordement des puits et garder les tubages permanents au-dessus de la surface du sol ( $\pm$  1 mètre) afin de laisser un libre accès en tout temps aux puits advenant un bris mécanique et/ou pour la réalisation de toute autre intervention à l'intérieur des puits.

3. Fixer le débit du puits P-2 à 1,8927 m<sup>3</sup>/min (500,0 guspm) dans l'optique d'une exploitation sans l'utilisation d'équipements de pompage. La période de rodage, au cours de laquelle de nouveaux ajustements pourraient être effectués, est d'un an. Ces ajustements dépendront du suivi hebdomadaire du débit du puits et des niveaux de pompage.
4. Fixer le débit du puits P-3 à 0,37854 m<sup>3</sup>/min (100,0 guspm) dans l'optique d'une exploitation sans l'utilisation d'équipements de pompage. Les puits P-2 et P-3 pourront être utilisés en simultanément, à un débit total ne dépassant pas 2,2712 m<sup>3</sup>/min (600,0 guspm) en usage continu.
5. En fonction de la pression artésienne du moment, le puits P-2 pourra être exploité, de façon sporadique, à un débit n'excédant pas 5,2996 m<sup>3</sup>/min (1 400 guspm), soit la capacité maximale de conception de l'ouvrage.
6. Si l'installation d'équipements de pompage est envisagée pour un fonctionnement régulier, un essai de pompage devra être réalisé afin de confirmer le potentiel de la nappe aquifère en « condition de pompage continu ». Cependant, pour une courte période de temps, le puits P-2 pourra être exploité à l'aide d'équipements de pompage appropriés à un débit de 4,1392 m<sup>3</sup>/min (1 092 guspm). Dans ces conditions, le niveau dynamique devra demeurer en tout temps au-dessus du niveau de la mer (élévation zéro) afin d'empêcher l'intrusion d'eau salée.
7. Doter les puits d'instruments de mesure et de contrôle du débit et du niveau de l'eau, tel que le prévoit la réglementation.
8. Entreprendre un programme de suivi de la nappe (gestion d'aquifère) en collaboration avec notre firme pour une évaluation périodique des opérations et pour éviter une surexploitation ou une sous-exploitation de l'aquifère. Des lectures du débit et du niveau dynamique de pompage devront être prises de façon régulière dans les puits P-2 et P-3.
9. Installer une clôture sécuritaire aux limites de l'aire de protection immédiate des puits P-2 et P-3 (rayon de 3 mètres) pour empêcher l'accès direct aux puits. La clôture devra avoir une hauteur minimale de 1,8 mètre et une affiche indiquant la présence d'une source d'eau souterraine destinée à des fins de consommation humaine devra y être apposée.

Jean Daniel, ing.  
Directeur du service du génie  
418-435-2205 poste 6221  
Télécopieur: 418-435-2688

 avant d'imprimer, pensez à l'environnement

**SERVIR ENSEMBLE POUR EXCELLER !**



Ville de Bois-Saint-Paul • 10, rue Fogel, Bois-Saint-Paul (Bellevue) • G1B 2K1  
T. 418.435.2200 • F. 418.435.2688 • [www.boisstpaul.com](http://www.boisstpaul.com)  
Membre municipal de la Confédération des Maires (CMO) 2002



**AVIS DE CONFIDENTIALITÉ:** Le présent message et les documents qui l'accompagnent peuvent contenir des informations confidentielles ou privilégiées à l'intention exclusive du destinataire désigné. Si vous n'êtes pas ce destinataire ou son employé ou mandataire autorisé, soyez avisé que toute diffusion ou reproduction de ces documents ou de leurs contenus est interdite. Si vous avez reçu cette transmission par erreur, veuillez communiquer immédiatement par téléphone, à frais virés, avec notre préposé(e) afin de nous en aviser et de convenir du mode de renvoi des documents reçus. Nous vous remercions de votre collaboration.

# ANNEXE 4

## Localisation des aires de protection

**Titre :** Aire de protection

**Projet :** Analyse de vulnérabilité du point de prélèvement d'eau souterraine P-2 de Baie-Saint-Paul

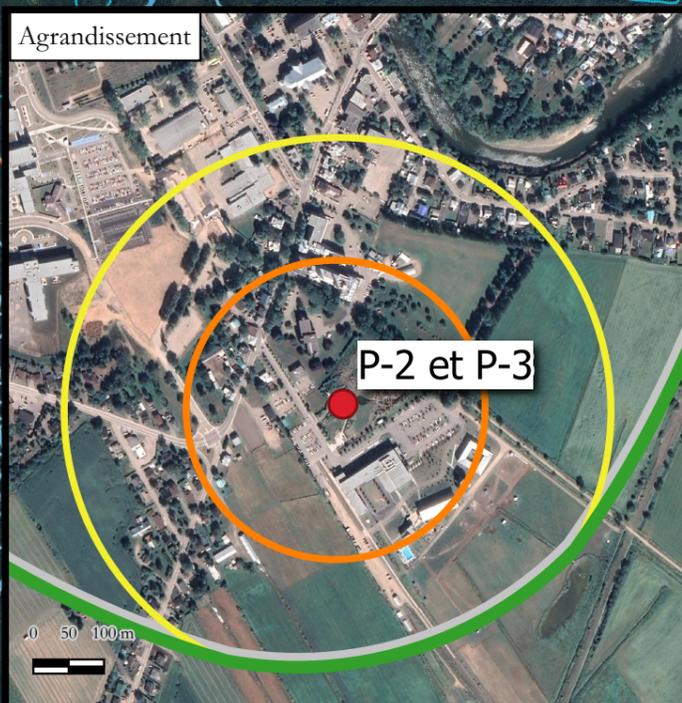
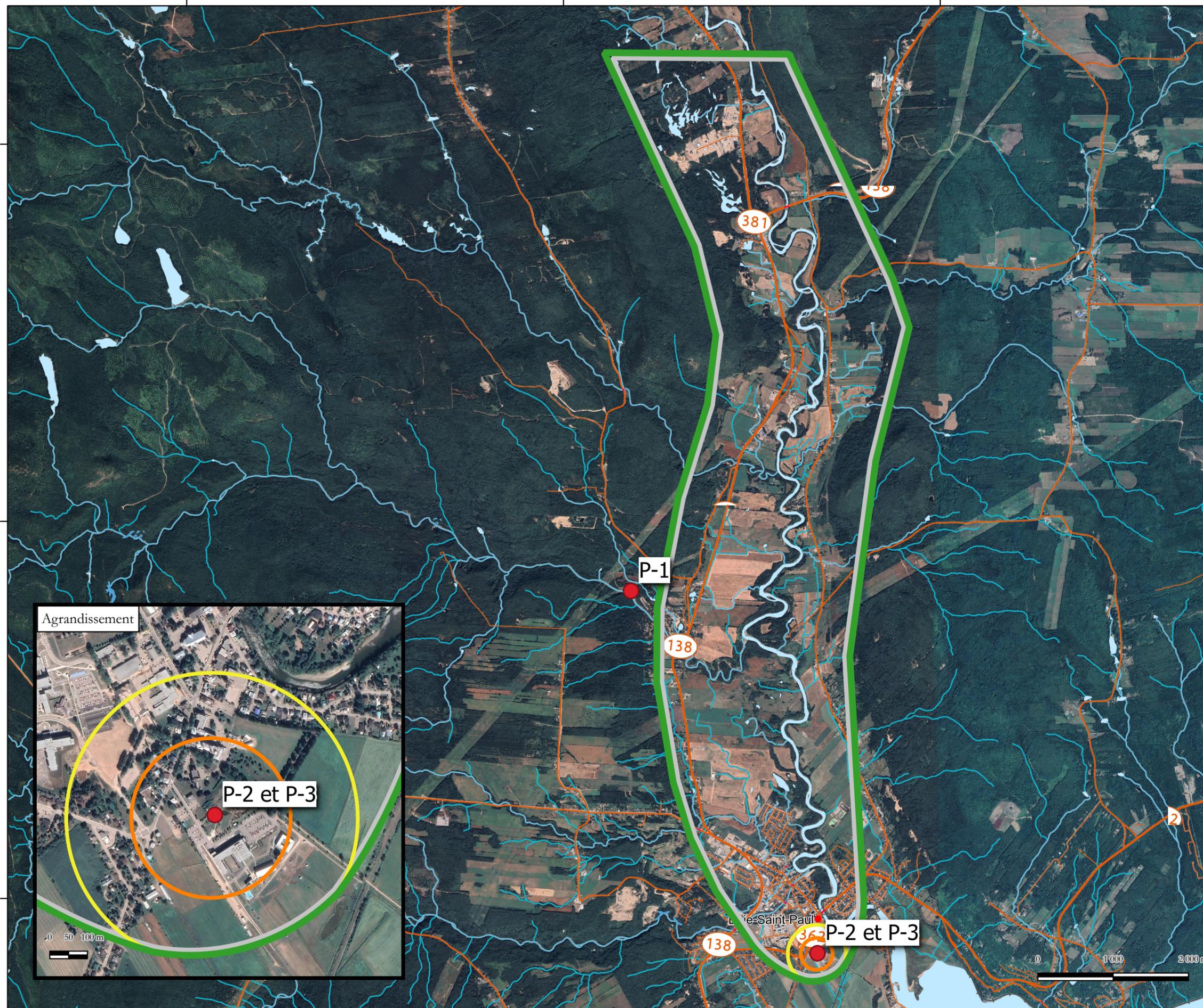
### Légende

- Puits
  - Cours d'eau
  - Route
- Aire de protection**
- Immédiate
  - Intermédiaire bactériologique
  - Intermédiaire virologique
  - Éloignée

**Client :**



**Date :** 25 janvier 2021    **# Projet :** P-1901-01  
**Préparé par :** Simon Huard géo. hydrogéologue    **Échelle :** 1: 50 000 et 1: 10 000  
**Source :** Google Earth CanVec    **Coordonnée :** NAD 83 MTM 7



# ANNEXE 5

Rapport INRS (Datation de l'eau)

---

# ÉVALUATION GÉOCHIMIQUE DU RISQUE DE CONTAMINATION DES CAPTAGES MUNICIPAUX

---

## PUITS P-2 DE LA MUNICIPALITÉ DE BAIE-SAINT-PAUL (ID MELCC : X2129308-1)

---

### RÉSUMÉ

Ce document décrit les résultats de l'évaluation du risque de contamination du captage P-2 de la municipalité de Baie-Saint-Paul sur la base d'analyses chimiques et isotopiques de l'eau échantillonnée à ce puits en septembre 2019. Les indicateurs du temps de résidence de l'eau souterraine montrent que l'eau captée pourrait comprendre une proportion de 5% ou moins d'eau « récente » dont la qualité pourrait être affectée par une source de contamination anthropique et que « l'âge » de l'eau captée est de plus de 7000 ans. La composition chimique de l'eau ne comprend pas de composés qui pourraient être d'origine anthropique. Enfin, le puits est en conditions captives et il y a peu d'activités anthropiques dans la zone de recharge environ 15 km en amont. La vulnérabilité géochimique du puits est donc classée comme étant « faible » et le risque de contamination est considéré « très faible à faible ». L'incertitude des résultats est jugée « faible », mais ils découlent de travaux scientifiques en développement. Ces résultats n'ont pas pour but de remplacer l'analyse de vulnérabilité exigée en vertu du RPEP, mais d'offrir plutôt une information complémentaire.

### CITATION SUGGÉRÉE

Colléau, E., Huchet, F., Raynauld, M., Ballard, J-M., Mathis, R., Vergnaud, V., Lefebvre, R. (2020) Évaluation géochimique du risque de contamination des captages municipaux – Puits P-2 de la municipalité de Baie-Saint-Paul (ID MELCC : X2129308-1). Fiche technique réalisée par l'INRS dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines en Estrie (PACES Estrie), INRS, Centre Eau Terre Environnement, Québec, janvier 2021, 7 p. et annexes.

## INTRODUCTION

Dans le cadre du Projet d'acquisition des connaissances sur les eaux souterraines en Estrie (PACES Estrie), des travaux de recherche ont été réalisés dans le but d'aider à préciser le risque de contamination des puits municipaux. Ces travaux sont basés sur des études ayant montré que les analyses isotopiques et géochimiques de l'eau souterraine peuvent fournir des indications sur la vulnérabilité à la contamination de l'eau captée (Hudson et al., 2002; Memdizabal et Stuyfzand, 2011). Quinze municipalités de l'Estrie ont accepté qu'un puits de captage soit échantillonné dans le cadre des travaux. La municipalité de Baie-Saint-Paul a aussi manifesté son intérêt de participer à l'étude. Les travaux ne remplacent pas les analyses de vulnérabilité qui doivent être réalisées en vertu du Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP) pour les puits municipaux (Québec, 2014). Les travaux donnent tout de même des indications sur l'importance d'initier des mesures de protection des captages municipaux.

## MÉTHODOLOGIE

Un glossaire à la fin du rapport donne la définition des principaux termes scientifiques utilisés. Le RQES (2020) donne aussi des définitions de termes hydrogéologiques. L'annexe 5 donne aussi des explications sur les principes de base de la géochimie de l'eau souterraine. Des détails sur la méthodologie sont disponibles dans le mémoire de maîtrise de Colléau (2020).

L'échantillonnage de l'eau souterraine du puits a été fait le 16 septembre 2019 en suivant le protocole PACES (Blanchette et al., 2010) pour les analyses chimiques et isotopiques ainsi que le protocole de l'OSUR (Vergnaud et Labasque, non daté) pour les analyses des CFC-SF<sub>6</sub> et des gaz nobles. Les paramètres physicochimiques de l'eau ont aussi été mesurés sur place à la sortie du point d'échantillonnage avec l'eau en écoulement; les échantillons ont été prélevés après stabilisation des valeurs des paramètres.

Dans le cas du puits P-2 de Baie-Saint-Paul, des analyses existantes complètes obtenues d'échantillons prélevés lors d'un essai de pompage ont été utilisées (MissionHGE, 2009). Les paramètres analytiques sont documentés à l'annexe 1 : analyse complète de MissionHGE (2009) et analyses faites sur les échantillons prélevés par l'INRS, soit les paramètres isotopiques ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ), les CFCs (CFC-12, CFC-11, CFC-113) et le SF<sub>6</sub>.

Pour les échantillons d'eau souterraine de la région du PACES Estrie, la composition chimique de l'eau souterraine a permis d'associer les échantillons à des « groupes d'eau » définis en fonction de la variabilité des compositions observées (Colléau, 2020). Ces groupes d'eau sont répartis en deux ensembles : 1) les « eaux de recharge » relativement « jeunes » et peu « évoluées géochimiquement », mais pouvant montrer divers niveaux « d'impact anthropique » et 2) des « eaux évoluées » ayant des « temps de résidence » (âges) plus longs, mais pouvant aussi être constituées d'un mélange avec des eaux plus jeunes. Pour le puits de Baie-Saint-Paul, c'est plutôt le type d'eau basé sur les proportions d'ions majeurs qui a été défini (voir annexe 2).

Trois indicateurs des « temps de résidence » (âges) de l'eau souterraine ont été considérés. Le tritium ( $^3\text{H}$ ) permet d'identifier la présence d'eau « moderne » ayant moins de 50 ou 60 ans. Le radiocarbone ( $^{14}\text{C}$ ) permet de dater globalement l'eau souterraine jusqu'à une limite d'environ 50 000 ans. Plusieurs processus peuvent toutefois affecter le  $^{14}\text{C}$  et il est nécessaire de corriger les âges  $^{14}\text{C}$  obtenus du laboratoire, notamment à l'aide du  $\delta^{13}\text{C}$ , ce qui a été fait pour l'âge  $^{14}\text{C}$  de l'eau échantillonnée. Les concentrations en CFC-SF<sub>6</sub> peuvent être interprétées afin de définir un mélange binaire comprenant une proportion d'eau « récente » et d'eau « ancienne ». L'âge de l'eau « récente » peut être déterminé, mais l'âge de l'eau « ancienne » ne peut pas être évalué avec les CFC-SF<sub>6</sub> s'il excède 50 à 60 ans. Cet âge peut toutefois être déterminé à l'aide du  $^{14}\text{C}$ .

L'évaluation géochimique de la vulnérabilité de l'eau captée par le puits est basée sur la détermination d'une proportion d'eau « récente » (moins de 50 à 60 ans) dont la qualité pourrait être dégradée par une source de contamination anthropique. Ensuite, la composition chimique de l'eau permet d'identifier la présence de composés chimiques qui pourraient être d'origine anthropique et ainsi indiquer si l'eau captée a subi une dégradation de sa qualité. Enfin, les activités anthropiques en amont du puits sont considérées pour évaluer si leur intensité représente un facteur de risque de dégradation de la qualité de l'eau. Les classes de « vulnérabilité géochimique » et de « risque » pour la qualité de l'eau captée sont définies à l'annexe 4. Le niveau d'incertitude par rapport à l'interprétation des données est aussi indiqué.

## CONTEXTE DU CAPTAGE MUNICIPAL

### LOCALISATION DU CAPTAGE

<u>Ville</u>	<u>MRC</u>	<u>Région</u>
Baie-Saint-Paul	Charlevoix	Capitale-Nationale
<u>Nom du captage</u>	<u>Identifiant officiel (MELCC)</u>	<u>Élévation (m/NMM)</u>
P-2	X2129308-1	18
<u>Coordonnées Québec Lambert NAD 83 (m)</u>		<u>Coordonnées géographiques en WGS 84</u>
X -150882.587	Y 384353.606	Lat. 47.536612 Long. -70.505756

### CARACTÉRISTIQUES D'EXPLOITATION & TRAITEMENT

<u>Captage (nb.)</u>	<u>Catégorie</u>	<u>Usagers (pers.)</u>	<u>Débit (m<sup>3</sup>/jour)</u>
Nid de puits (2)	1	6378	2725
<u>Traitement(s) appliqué(s) (nb.) :</u>		Oui (1)	
<u>Procédé(s)</u>	<u>Fréquence</u>	<u>Composé(s) chimique(s) visé(s)</u>	
Oxydation chimique et désinfection	Continu	-	

### PROPRIÉTÉS HYDROGÉOLOGIQUES & ACTIVITÉS HUMAINES

<u>Type d'aquifère capté</u>	<u>Distance à la zone de recharge (km)</u>	<u>Confinement du puits</u>
Granulaire	15	Captif

#### Activité(s) anthropique(s) sur la zone de recharge

Absentes à modérées: urbain dans la zone captive à proximité du puits; résidentiel à faible densité et boisé dans la zone de recharge présumée être située à 15 km au nord du puits.

### COMPLÉMENTS LIÉS AU CONTEXTE DU CAPTAGE MUNICIPAL

L'annexe 2 décrit un modèle hydrogéologique conceptuel du système aquifère et l'annexe 3 montre le schéma stratigraphique du puits de même que des cartes illustrant les conditions géologiques et hydrogéologiques du système aquifère exploité par le puits.

## Résumé du contexte du captage municipal

Le puits P-2 (forage BSP-8) alimente en eau souterraine la municipalité de Baie-Saint-Paul avec le puits P-3 (forage BSP-7) qui lui est voisin (6,5 m de distance). Ce puits est situé au sud de la municipalité qui est elle-même localisée dans la vallée de la rivière du Gouffre près de son exutoire au fleuve Saint-Laurent. Cette vallée est à une élévation de l'ordre de 35 m dans sa partie nord (à 4 km de P-2) et de 10 m près du puits P-2. La vallée est entourée de montagnes qui culminent à plus de 700 m du côté ouest de la vallée, où se trouve le puits P-2, et vont à plus de 400 m d'élévation du côté est de la vallée. Les annexes 2 et 3 donnent plus de détails.

Le schéma stratigraphique du puits P-2 (forage BSP-8) (MissionHGE, 2009) montre que ce puits exploite un aquifère granulaire avec une crépine de 19 m de longueur. L'intervalle sableux commence à 87,5 m de profondeur jusqu'à la profondeur totale du forage à 159,7 m qui correspond aussi à la position de la base de la crépine. Toutefois, un levé sismique réalisé par la Commission géologique du Canada indique que les matériaux granulaires grossiers pourraient avoir de 50 à 100 m d'épaisseur additionnelle sous la base de la crépine (Perret et al., 2012). Cet aquifère sableux et graveleux est confiné par une couche silteuse faisant plus de 80 m d'épaisseur au puits P-2 (MissionHGE, 2009). Le levé sismique de la CGC montre que l'épaisseur de cette couche reste importante jusqu'à la bordure de la vallée de la rivière du Gouffre au sud-ouest de P-2 (Perret et al., 2012). Hors de la vallée, le roc est recouvert de sédiments sableux ou de tills relativement minces.

L'aquifère granulaire exploité par le puits P-2 est en condition confinée et le puits est aussi en condition artésienne (jaillissant), ce qui fait que la production d'eau souterraine n'exige pas l'usage d'une pompe (MissionHGE, 2009). Hors de la vallée, l'aquifère rocheux fracturé est en condition libre. Les travaux de l'UQAC (CERM-PACES, 2015) ont montré que la recharge de l'eau souterraine hors de la vallée est importante et dépasse 250 mm/an. L'UQAC (CERM-PACES, 2015) montre aussi que l'écoulement régional de l'eau souterraine se fait des hauts topographiques jusque dans la vallée, en plus de ce faire de l'amont vers l'aval de la vallée. MissionHGE (2009) n'a toutefois considéré que l'écoulement provenant de l'aval de la vallée dans la délimitation des aires de protection et d'alimentation en eau des puits municipaux P-2 et P-3 (annexe 3). L'annexe 2 donne une description plus détaillée du contexte du puits et décrit un modèle conceptuel du système aquifère de la vallée de la rivière du Gouffre.

## CONDITIONS GÉOCHIMIQUES

L'eau souterraine captée par le puits P-2 est de type Na-HCO<sub>3</sub>, c'est-à-dire que le cation dominant est le sodium (Na<sup>+</sup>) et l'anion dominant est le bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Ce type d'eau est caractéristique des aquifères dans lesquels de l'eau marine a pénétré suite à l'invasion marine dans la vallée du Saint-Laurent il y a environ 14 000 ans (Cloutier et al., 2008 et 2010; Beaudry et al., 2018). Après le retrait de la mer il y a environ 10 000 ans, cette eau marine a subséquemment été lessivée par la circulation d'eau douce dans l'aquifère.

L'eau souterraine captée par le puits P-2 est alcaline (pH de 8,4), assez réductrice (ORP de 7,6 mV correspondant à un Eh de l'ordre de 200 mV et oxygène dissous absent) et modérément minéralisée (solides dissous totaux de 161 mg/L). Il n'y a pas d'évidence de présence de composés chimiques qui pourraient être d'origine anthropique ; la concentration significative en chlorure (83 mg/L) et la présence de sulfate (7,7 mg/L) reflèteraient plutôt l'effet de la présence historique d'eau marine dans l'aquifère. L'eau n'excède aucune norme (Tableau A1.1).

## INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

L'annexe 4 présente des tableaux résumant les catégories d'âge de l'eau (tableau A4.1), les classes de vulnérabilité et du risque de contamination (tableau A4.2) et la démarche d'évaluation géochimique de la vulnérabilité et du risque de contamination spécifiquement pour le puits P-2 de Baie-Saint-Paul (tableau A4.3). Les paragraphes suivants résument le tableau A4.3.

Le type d'eau Na-HCO<sub>3</sub> représente un niveau d'évolution géochimique important qui doit refléter un long temps de résidence dans l'aquifère, ce qui est confirmé par un âge <sup>14</sup>C de plus de 7000 ans. Cet âge <sup>14</sup>C combiné à l'absence de tritium (inférieur à la limite de détection de 0,8 TU) classe cette eau souterraine comme étant composée d'une « prédominance d'eau très ancienne ». L'interprétation des concentrations en CFC-SF<sub>6</sub> indique la présence de 5% ou moins d'eau « récente » et de 95% d'eau « ancienne » ayant plus de 60 ans. Ces concentrations sont en fait à la limite de quantification de la méthode analytique des CFC-SF<sub>6</sub>. Le niveau d'incertitude sur l'interprétation est toutefois faible car les résultats sont cohérents avec l'absence de détection de tritium. L'absence de composés d'origine anthropique supporte aussi l'interprétation.

Ces conditions classent la vulnérabilité géochimique à un niveau « faible ». Les activités anthropiques sont jugées « absentes à modérées » dans la zone de recharge. En effet, même si le puits est dans un cadre urbain, l'épaisseur importante de sédiments silteux contribuant à des conditions captives à proximité du puits fait que ces activités ne sont pas susceptibles d'avoir une incidence sur la qualité d'eau. Il est présumé que la zone de recharge la plus proche de P-2 serait en amont de Saint-Urbain, à environ 15 km au nord de P-2 (voir détails aux annexes 2 et 3). Dans le secteur présumé de la zone de recharge, l'occupation du sol est résidentielle de faible densité et boisée, ce qui représente un niveau faible d'activité anthropique. Ce faible niveau d'activité anthropique combiné à la faible vulnérabilité classe le risque de contamination du puits P-2 comme étant de « très faible à faible ».

## CONDITIONS D'UTILISATION

Le présent rapport documente des travaux scientifiques en développement qui n'ont pas encore fait l'objet d'un processus de révision scientifique par les pairs. Ces travaux ne remplacent pas les analyses de vulnérabilité qui doivent être réalisées en vertu du Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP) pour les puits municipaux. Les travaux donnent tout de même des indications sur l'importance d'initier des mesures de protection des captages municipaux.

Les conditions géologiques et hydrogéologiques rapportées sur les cartes annexées au rapport représentent des conditions régionales, telles que pouvant être définies à l'aide des données disponibles. Le portrait en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données utilisées pour réaliser les travaux d'analyse et d'interprétation des données ainsi que la production des cartes, malgré les efforts déployés lors de la collecte, de la sélection et de la validation des données. Par conséquent, les résultats présentés dans le présent rapport ainsi que sur les cartes associées à ce rapport ne peuvent remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offrent aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégralité des données et des conditions présentées dans le rapport et sur les cartes.

Les auteurs et leurs institutions ou organismes d'attache ne donnent aucune garantie quant à la fiabilité, ou quant à l'adaptation à une fin particulière de toute œuvre dérivée du contenu de ce rapport ni des cartes qui lui sont associées et n'assument aucune responsabilité pour les dommages découlant de la création et de l'utilisation de telles œuvres dérivées, ou pour des décisions basées sur l'utilisation du contenu du rapport, des cartes, des conditions présentées sur les cartes ou des données y étant rattachées.

## RÉFÉRENCES

- Beaudry, C., Lefebvre, R., Rivard, C., Cloutier, V., 2018. Conceptual model of regional groundwater flow in a fractured rock aquifer system based on hydrogeochemistry (Montérégie Est, Quebec, Canada). *Canadian Water Resources Journal*, 43(2), 152-172.
- Blanchette, D., Cloutier, V., Roy, M., Audet-Gagnon, F., Castelli, S., Beaudry, C., 2010. Protocole officiel de prélèvement d'échantillon d'eau souterraine – Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines au Québec (PACES). Université du Québec, juin 2010.
- CERM-PACES, 2015a. Résultats du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de Charlevoix, Charlevoix-Est et La Haute-Côte-Nord. Centre d'études sur les ressources minérales (CERM), Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), 294 p. et annexes.
- CERM-PACES 2015b. Atlas hydrogéologique des territoires de Charlevoix, de Charlevoix-Est et de La Haute-Côte-Nord. Centre d'études sur les ressources minérales (CERM), Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), 83 p.
- Colléau, É., 2020. Géochimie et âge de l'eau souterraine en Estrie en relation avec les problématiques d'arsenic et de manganèse et la vulnérabilité des puits d'approvisionnement. Maîtrise en Sciences de la terre (INRS) et en Sciences de l'eau (Université de Rennes 1), cheminement bidualmement en géoingénierie et environnement, août 2020, 149 p. et annexes.
- Cloutier, V., Lefebvre, R., Therrien, R., Savard, M., 2008. Multivariate statistical analysis of geochemical data as indicative of the hydrogeochemical evolution of groundwater in a sedimentary rock aquifer system. *Journal of Hydrology*, 353 (3-4), 294-313.
- Cloutier, V., Lefebvre, R., Savard, M.M., Therrien, R., 2010. Desalination of a sedimentary rock aquifer system invaded by Pleistocene Champlain Sea water and processes controlling groundwater geochemistry. *Environmental Earth Sciences*, 59 (5), 977-994.
- Hudson, G.B., Moran, J.E., Eaton, G.F., 2002. Interpretation of tritium-<sup>3</sup>helium groundwater ages and associated dissolved noble gas results from public water supply wells in the Los Angeles physiographic basin. Report to the California State Water Resources Control Board, University of California, Lawrence Livermore National Laboratory, Report UCRL-AR-151447, December 2002, 26 p. and appendix.
- International Atomic Energy Agency (IAEA), 2013. Isotope Methods for Dating Old Groundwater. IAEA, Vienna, Austria, April 2013, 357 p.
- Mendizabal, I., Stuyfzand, P.J., 2011. Quantifying the vulnerability of well fields towards anthropogenic pollution: The Netherlands as an example. *Journal of Hydrology*, 398 (2011), 260-276.
- MissionHGE, 2009. Ville de Baie-Saint-Paul - Construction des puits P-2 et P-3. Rapport technique 09101-101, 11 novembre 2009, 41 p. et annexes.
- Perret, D., Locat, P., Occhietti, S., 2012. Excursion en Charlevoix. Association québécoise pour l'étude du Quaternaire (AQQA), 7-8 septembre 2012, 67 p.
- Québec, 2014. Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RLRQ, chapitre Q-2, r. 35.2), à jour au 1er août 2018, Éditeur officiel du Québec, 2014. [En ligne]. <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2035.2> (Accédé en mai 2020).

RQES, 2020. Glossaire. [En ligne]. <https://rques.ca/glossaire/> (Accédé en mai 2020).

Vergnaud, V., Labasque, T. (non daté) Procédure de prélèvement CFC-SF6 et gaz nobles – Plateforme CONDATE Eau. OSUR, Université de Rennes 1, 4 p.

## ANNEXES

## Annexe 1. Résultats analytiques

Tableau A1.1 Paramètres chimiques des analyses réalisées sur les échantillons prélevés lors de l'essai de pompage du puits P-2 (tiré du tableau 4 du rapport de MissionHGE, 2009)

Paramètres	Unité	Dates de prélèvement			Normes (RQEP)	Recommandations
		24 h 14 juillet 09	48 h 27 juillet 09	72 h 24 août 09		
<b>Analyses bactériologiques</b>						
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	0	0	0	0	-
Coliformes totaux	UFC/100 ml	0	0	0	10	-
Bactéries atypiques	UFC/100 ml	38	7	0	200	-
Virus coliphage	/100 ml	---	---	absence	0	-
Bactéries entérocoques	UFC/100 ml	---	---	0	0	-
<b>Analyses physico-chimiques</b>						
Absorbance UV (à 254 nm)	abs/cm	0.016	0.012	0.015	-	-
Alcalinité (en CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	65	69	71	-	-
Antimoine	mg/l	<0.001	---	<0.001	0.006	-
Arsenic	mg/l	<0.001	---	<0.001	0.025	-
Azote ammoniacal (en N)	mg/l	0.2	0.2	0.21	-	-
Azote total Kjeldahl (en N)	mg/l	<0.2	0.5	<0.2	-	-
Baryum	mg/l	<0.01	---	<0.01	1	-
Bicarbonates (en CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	65	---	71	-	-
Bore	mg/l	0.04	---	0.05	5	-
Bromures	mg/l	0.4	---	0.5	-	-
Cadmium	mg/l	<0.0005	---	<0.0005	0.005	-
Calcium	mg/l	18	18	19	-	-
Carbone organique total	mg/l	0.7	1.6	1.3	-	-
Chlorures	mg/l	58	---	61	-	≤250
Chrome total	mg/l	0.002	---	0.003	0.05	-
Conductivité	µS/cm	319	---	340	-	<1500
Couleur vraie	UCV	2	<1	<1	-	≤15
Cuivre	mg/l	<0.001	---	<0.001	1	-
Cyanures	mg/l	<0.005	---	<0.005	0.2	-
Demande en chlore	mg/l	2	2	2	-	-
Dureté totale (en CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	66	68	72	-	<180
Fer dissous	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	-	≤0.30
Fer total	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	-	≤0.30
Fluorures	mg/l	0.35	---	0.34	1.5	-
Magnésium	mg/l	5.3	5.4	5.9	-	-
Manganèse dissous	mg/l	0.025	0.027	0.027	-	≤0.05
Manganèse total	mg/l	0.026	0.026	0.024	-	≤0.05
Mercure	mg/l	<0.0001	---	<0.0001	0.001	-
Nitrites (en N)	mg/l	0.004	0.003	<0.003	1	-
Nitrites-nitrates (en N)	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	10	-
pH	-	7.9	7.9	8.1	-	6.5-8.5
Plomb	mg/l	<0.001	---	<0.001	0.01	-
SDS-THM	µg/l	19.42	28.11	23.21	≤80	-
Sélénium	mg/l	<0.001	---	<0.001	0.01	-
Sodium	mg/l	34	---	39	-	≤200
Solides dissous	mg/l	180	200	190	-	-
Solides totaux	mg/l	180	190	200	-	≤500
Sulfates	mg/l	8	---	7.1	-	≤500
Sulfures (en H <sub>2</sub> S)	mg/l	<0.02	<0.04	<0.02	-	≤0.05
Température	°C	9	9	9	-	≤15
Turbidité	UTN	<0.1	<0.1	<0.1	5	-
Uranium	mg/l	<0.005	---	<0.005	0.02	-
Zinc	mg/l	<0.004	---	<0.004	-	≤5.0

Tableau A1.2 Paramètres isotopiques et CFC-SF<sub>6</sub> des analyses réalisées sur les échantillons prélevés par l'INRS le 16 septembre 2019 au puits P-2

	Paramètre	Unités	LDR	CM	Valeur
Paramètres physico-chimiques <sup>1</sup>	pH	-			8.4
	Eh	mV			200
	OD	mg/L			0.00
	CE	μS/cm			322
	Température	°C			7.80
Isotopes de l'eau et du carbone <sup>2</sup>	δ <sup>18</sup> O	permil	SMOW ±0.2‰		-13.25
	δ <sup>2</sup> H	permil	SMOW ±0.8‰		-91.81
	δ <sup>13</sup> C	permil	PDB ±0.2‰		-18.1
	% <sup>14</sup> C CID	pmC	±0.18		39.05
	Âge <sup>14</sup> C	Année (yBP labo)	±37		7554
	Âge <sup>14</sup> C	Année (yBP corrigé)			7373
Tritium <sup>3</sup>	<sup>3</sup> H	TU	-		< 0.8
CFC-SF <sub>6</sub> <sup>4</sup>	CFC-12	pmol/L	0.07 ±0.12		0.18
	CFC-11	pmol/L	0.13 ±0.13		0.19
	CFC-113	pmol/L	0.06 ±0.03		0.08
	SF <sub>6</sub>	pmol/L	0.0002		< 0.0002
CFC-SF <sub>6</sub> <sup>4</sup>	CFC-12	pptv			25.4
	CFC-11	pptv			6.2
	CFC-113	pptv			8.9
	SF <sub>6</sub>	pptv			< LD

LDR : limite de détection rapportée. CM : concentration maximale (norme de potabilité). OD : oxygène dissous. CE : conductivité électrique. CID : carbone inorganique dissous. pmC : pourcentage de carbone moderne (*percent modern carbon*). TU : unité tritium (*tritium unit*).

1 : mesure sur le terrain, sonde multiparamètre Hanna (modèle HI 9829, électrode ORP Ag/AgCL avec solution de KCl à 3.5 M).

2 : Environmental Isotope Laboratory, Université de Waterloo.

3 : A. E. Lalonde AMS Laboratory, Université d'Ottawa.

4 : Plateforme CONDATE Eau, Observatoire des sciences de l'univers de Rennes (OSUR), Université de Rennes 1.

**Annexe 2. Modèle hydrogéologique conceptuel**

Voir le fichier PDF annexé au rapport.

**Annexe 3. Contexte du puits**

Voir le fichier PDF annexé au rapport.

**Annexe 4. Évaluation géochimique de la vulnérabilité et du risque de contamination**

Tableau A4.1 Catégories de temps de résidence de l'eau selon le tritium et le radiocarbone

Temps de résidence par rapport au radiocarbone	Présence d'eau moderne par rapport au tritium		
	Faible < 2 TU	Présente 2 < 2H < 7 TU	Dominante 2H > 7 TU
Court Âge 14C < 2000 y BP	NA	Eau moderne	Eau récente
Intermédiaire 2000 < Âge 14C < 5000 y BP	NA	Mélange d'eau moderne et ancienne	Eau récente avec eau ancienne
Long Âge 14C > 5000 y BP	Prédominance d'eau très ancienne	Eau très ancienne avec eau moderne	NA

Tableau A4.2 Grille d'évaluation de la vulnérabilité et du risque

Vulnérabilité	Activités anthropiques		
	<i>Absentes</i>	<i>Modérées</i>	<i>Importantes</i>
<i>Faible</i> (<20% moderne)	Risque très faible	Risque faible	Risque modéré
<i>Modérée</i> (20-50%)	Risque faible	Risque modéré	Risque significatif
<i>Élevée</i> (>50%)	Risque modéré	Risque significatif	Risque important
<i>Impacté</i>	Risque significatif (source à identifier)	Risque important (actions de gestion requises)	Risque majeur (actions de protection requises)

Tableau A4.3 Sommaire des conditions considérées pour faire l'évaluation géochimique de la vulnérabilité et du risque de contamination du puits P-2 de Baie-Saint-Paul

<b>Indicateurs</b>	<b>Conditions observées à Baie-Saint-Paul</b>	
<b>Composition géochimique</b>	Eau souterraine évoluée de type Na-HCO <sub>3</sub>	
<b>Classe d'âge</b>	Prédominance d'eau très ancienne	
<b>Concentration en tritium</b>	Inférieure à 0,8 TU (limite de détection)	
<b>CFCs et SF<sub>6</sub></b>	Pôle récent	5%
		Âge de 0 à 30 ans
	Pôle ancien	95%
		Âge supérieur à 60 ans
<b>Âge (yBP) du pôle ancien selon le <sup>14</sup>C corrigé</b>	7373 ans	
<b>Composés anthropiques (mg/L)</b>	Chlorures Cl <sup>-</sup> : 83	
	Nitrites et Nitrates N(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) : < 0,1	
	Sulfates SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> : 7,7	
	Solides dissous totaux : 161	
<b>Eau impactée par les composés anthropiques</b>	Non, aucun composé anthropique	
<b>Vulnérabilité géochimique liée à la proportion d'eau récente</b>	Faible	
<b>Activités anthropiques</b>	Absentes à modérée	
<b>Niveau de risque pour la qualité</b>	Très faible à faible	

## Annexe 5. Géochimie et datation de l'eau souterraine

À partir de zones de recharge, l'eau souterraine circule dans les aquifères jusqu'à ce qu'elle émerge dans les cours d'eau ou les milieux humides. Cette circulation peut prendre des dizaines, des centaines ou même des milliers d'années. Lors de la circulation de l'eau souterraine dans les aquifères, sa composition chimique va être modifiée à cause de son contact avec les minéraux ainsi qu'à la suite de réactions chimiques. Ainsi, plus le temps de résidence de l'eau souterraine sera long, plus la concentration en solides dissous dans l'eau aura tendance à augmenter et les composés chimiques présents vont changer. De plus, avec un plus long temps de résidence l'eau aura tendance à devenir plus alcaline (pH plus élevé) et à avoir de plus faibles concentrations en oxygène, passant de conditions oxydantes à des conditions réductrices. Il est ainsi possible d'utiliser la géochimie de l'eau souterraine pour distinguer les types d'eau qui représentent des eaux « jeunes » et peu évoluées géochimiquement par rapport aux eaux « anciennes » et plus évoluées géochimiquement. Les eaux jeunes se retrouveront typiquement dans les zones de recharge tandis que les eaux anciennes seront plutôt présentes près des zones d'émergence de l'eau souterraine. Il est aussi possible d'avoir des mélanges entre des eaux jeunes et des eaux anciennes, notamment lorsque les puits sont ouverts au roc sur de longs intervalles. Les activités anthropiques peuvent aussi affecter la géochimie de l'eau et dégradé sa qualité. Des problèmes de potabilité de l'eau souterraine peuvent être reliés à des composés naturellement présents ou causés par l'impact d'activités anthropiques.

Le temps de résidence (âge) de l'eau souterraine peut être déterminé à l'aide d'indicateurs géochimiques (IAEA, 2013). C'est notamment le cas de certains isotopes présents dans l'eau souterraine, tels que radiocarbone ( $^{14}\text{C}$ ) et le tritium ( $^3\text{H}$ ). Le  $^{14}\text{C}$  est associé au carbone inorganique dissous dans l'eau tandis que le  $^3\text{H}$  est directement lié à la molécule d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Les concentrations du tritium sont exprimées en unités de tritium (*Tritium Units*, TU) tandis que celles du  $^{14}\text{C}$  sont exprimées en pourcentage de carbone moderne (*percent modern carbon*, pmC) ou encore en âges  $^{14}\text{C}$  (années). Le tritium et le  $^{14}\text{C}$  sont présents dans l'atmosphère et se retrouvent donc dans les précipitations qui vont recharger les aquifères. Ces deux isotopes sont instables et leurs concentrations vont diminuer progressivement avec le temps de résidence de l'eau souterraine dans un aquifère. Le tritium ayant une courte demi-vie, il ne sera plus présent dans des eaux ayant plus de 50 à 60 ans de temps de résidence. La demi-vie du  $^{14}\text{C}$  fait en sorte qu'il sera présent dans l'eau souterraine jusqu'à des temps de résidence d'environ 50 000 ans, ce qui en fait un indicateur d'eaux souterraines plus anciennes. Les chlorofluorocarbones (CFCs) et l'hexafluorure de soufre ( $\text{SF}_6$ ) sont des composés anthropiques qui ont été émis dans l'atmosphère. Ces composés ont été dissous dans les précipitations qui ont rechargé les aquifères, ce qui fait qu'on retrouve des CFCs et du  $\text{SF}_6$  dans les eaux souterraines relativement jeunes (moins de 50 à 60 ans). La concentration des CFCs et du  $\text{SF}_6$  dans l'atmosphère étant connues, il est possible d'estimer le temps de résidence de l'eau souterraine à partir de l'analyse de ces composés. La combinaison des analyses de CFCs,  $\text{SF}_6$ , tritium et  $^{14}\text{C}$  permet de reconnaître les eaux souterraines qui sont constituées d'eau jeunes (>50-60 ans) ou d'eaux anciennes (plusieurs milliers d'années) ou encore de mélanges d'eaux jeunes et anciennes.

Les lecteurs sont référés au mémoire de maîtrise de Colléau (2020) qui donne des détails sur les principes et les méthodes utilisées pour la caractérisation géochimique et isotopique de l'eau souterraine de même que pour évaluer le risque de contamination des puits municipaux.

## Glossaire

Ce glossaire donne la définition de termes spécifiquement utilisés dans le cadre du présent rapport. Le site Internet du RQES donne un glossaire plus complet (RQES, 2020).

### *Termes généraux*

Confinement : le confinement des nappes caractérise son niveau de relation avec la surface et l'atmosphère. Trois niveaux de confinement sont distingués : nappe libre, nappe semi-captive et nappe captive. Une nappe libre est en contact direct avec la surface et l'atmosphère tandis qu'une nappe captive est isolée de la surface et de l'atmosphère. Une nappe semi-captive a des conditions intermédiaires. Le confinement est contrôlé par la nature des matériaux géologiques qui recouvrent les nappes. Des accumulations en surface de matériaux fins et peu perméables comme l'argile ou le silt vont créer des conditions captives. Les conditions libres sont propices à la recharge, mais rendent une nappe vulnérable à la contamination.

Coupe géologique : représentation schématique des matériaux géologiques présents sous la surface du sol généralement basée sur les forages ayant permis d'identifier les matériaux.

Impact anthropique : dans le cas de l'eau souterraine, un impact anthropique provient de l'émission de contaminants à la surface du sol qui dégrade la qualité de l'eau. Cette dégradation peut mener ou non au dépassement des critères esthétiques ou de potabilité de l'eau. Les activités anthropiques pouvant émettre des contaminants peuvent être ponctuelles (ex. : site contaminé) ou diffuses (ex. : fertilisation agricole).

Piézométrie : représente le niveau de l'eau souterraine dont la distribution contrôle les directions d'écoulement qui se fait des secteurs où les niveaux sont élevés vers les secteurs où ils sont bas.

Risque de contamination : dans le cadre de la présente étude, le risque de contamination est estimé sur la base de la vulnérabilité de l'eau souterraine et de la présence d'activités anthropiques qui pourraient émettre des contaminants et dégrader la qualité de l'eau souterraine.

Schéma stratigraphique : représentation des matériaux géologiques traversés lors d'un forage ainsi que des composantes d'un puits si le forage a servi à l'installation d'un puits.

Vulnérabilité : représente la susceptibilité qu'un aquifère soit contaminé si un contaminant est émis à la surface du sol par une activité anthropique. Certains aquifères sont protégés par des matériaux peu perméables et auront une vulnérabilité faible. D'autres aquifères sont peu profonds et directement reliés à la surface et ils auront une vulnérabilité élevée.

### *Caractéristiques géochimiques de l'eau*

- Type d'eau : eau souterraine définie sur la base des proportions des ions majeurs, soit le cation dominant et l'anion dominant (voir exemple dans Cloutier et al., 2008, ainsi que Beaudry et al., 2018).
- Groupe d'eau : regroupement d'échantillons d'eau possédant des caractéristiques chimiques similaires et définis par analyse multivariée (méthode de Cloutier et al., 2008, ainsi que Beaudry et al., 2018).
- Eau de recharge : Eau souterraine possédant des caractéristiques chimiques typiques des eaux présentes dans les zones de recharge. Ces eaux sont relativement jeunes (modernes) et peu évoluées géochimiquement.

- Eau évoluée géochimiquement : Eau souterraine possédant des caractéristiques chimiques typiques d'eau aillant subit l'effet de processus géochimiques suite à un long temps de résidence.

***Temps de résidence (âge) de l'eau souterraine***

- Eau moderne : eau souterraine ayant un temps de résidence inférieur à 50-60 ans. Les eaux modernes ont des concentrations en tritium et en CFC-SF<sub>6</sub> mesurables.
- Eau récente : eau moderne ayant 10 ans ou moins. L'eau souterraine constituée seulement d'eau récente a des concentrations en tritium excédant 7 TU (Tableau A4.1) ainsi que de fortes concentrations en CFC-SF<sub>6</sub>. Toutefois, les concentrations relativement stables ou déclinantes en CFC-SF<sub>6</sub> au cours des 30 dernières années ne permettent pas d'assigner un âge précis aux eaux souterraines de moins de 30 ans.
- Eau ancienne : l'eau ancienne est peut avoir plusieurs milliers d'années de temps de résidence et elle peut être datée par le radiocarbone (<sup>14</sup>C). Toutefois, il peut être difficile de dater des eaux qui ont moins de 2000 ans, d'où l'usage de ce seuil dans la définition des classes de temps de résidence (tableau A4.1). Les eaux anciennes peuvent être mélangées à des eaux modernes en différentes proportions, ce qui fait qu'on peut retrouver dans l'eau souterraine des indicateurs d'eau moderne (tritium et CFC-SF<sub>6</sub>) tout en ayant des âges <sup>14</sup>C de plusieurs milliers d'années.
- Pôle récent : dans le cadre de l'interprétation des analyses CFC-SF<sub>6</sub> les proportions de deux pôles d'eau ayant des âges différents sont définies. Le pôle ayant l'âge le plus faible est nommé « pôle récent » et il est constitué d'eau moderne dont l'âge peut être déterminé avec les concentrations en CFC-SF<sub>6</sub>.
- Pôle ancien : dans le cadre de l'interprétation des analyses CFC-SF<sub>6</sub> les proportions de deux pôles d'eau ayant des âges différents sont définies. Le pôle ayant l'âge le plus élevé est nommé « pôle ancien » et il est constitué d'eau dont l'âge peut être tout de même moderne, ce qui permet de la dater avec les concentrations en CFC-SF<sub>6</sub>, ou dont l'âge est supérieur à 50-60 ans, ce qui ne permet pas de le dater avec les concentrations en CFC-SF<sub>6</sub>. Il est alors généralement possible de dater le pôle ancien avec le <sup>14</sup>C.

---

# ÉVALUATION GÉOCHIMIQUE DU RISQUE DE CONTAMINATION DES CAPTAGES MUNICIPAUX

---

## PUITS P-2 DE LA MUNICIPALITÉ DE BAIE-SAINT-PAUL (ID MELCC : X2129308-1)

---

### ANNEXE 2. MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE CONCEPTUEL

Cette annexe décrit un modèle conceptuel hydrogéologique du système aquifère de la vallée de la rivière du Gouffre dans lequel le puits municipal P-2 de Baie-Saint-Paul exploite l'eau souterraine. Ce modèle conceptuel est basé sur les informations colligées sur le système aquifère qui sont présentées à l'annexe 3. Le modèle conceptuel offre un cadre pour l'interprétation des résultats analytiques et supporte l'évaluation du risque de contamination du puits P-2 de la municipalité de Baie-Saint-Paul. Cette annexe se veut un document technique qui est produit à l'intention de lecteurs ayant une familiarité avec les concepts hydrogéologiques.

#### Contexte des travaux

Dans le cadre du Projet d'acquisition des connaissances sur les eaux souterraines de l'Estrie (PACES Estrie), Élise Colléau (2020) a réalisé un projet de maîtrise sur la caractérisation géochimique et isotopique des eaux souterraines. Cette caractérisation a été notamment appliquée à l'évaluation géochimique du risque de contamination des puits municipaux d'approvisionnement en eau. Quinze (15) municipalités de l'Estrie ont accepté de faire échantillonner l'eau de leur puits ainsi que la municipalité de Baie-Saint-Paul.

L'échantillonnage de l'eau souterraine produite par le puits P-2 de Baie-Saint-Paul a été faite le 16 septembre 2019. Cette eau a fait l'objet d'analyses isotopiques (isotopes de l'eau  $^2\text{H}$  et  $^{18}\text{O}$ ; tritium  $^3\text{H}$ ;  $^{13}\text{C}$  et  $^{14}\text{C}$  du carbone inorganique dissous) ainsi que de traceurs géochimiques de l'âge de l'eau ( $\text{SF}_6$  et CFCs). Des analyses chimiques complètes étaient disponibles sur des échantillons prélevés lors de l'essai de pompage réalisé sur le puits P-2 après son installation (MissionHGE, 2009).

#### Description du puits d'approvisionnement P-2

La figure A3.9 montre le rapport de forage du puits P-2 (MissionHGE, 2009). Le diamètre du coffrage du puits est de 20,32 cm et la longueur de la crépine est de 18,96 m. Le forage du puits a été fait à travers environ 85 m de sédiments fins constitués de silt argileux. Sous le silt argileux, on retrouve environ 40 m de sable fin suivi d'environ 27 m de sable fin à grossier avec des traces de gravier. La crépine a été installée à la base du forage qui a atteint 152,72 m de profondeur. Un autre puits de production P-3 est installé à 6,5 m du puits P-2, mais ce puits n'a pas été échantillonné.

Le niveau statique de l'eau souterraine est à 16,79 m d'élévation au-dessus du sol (MissionHGE, 2009), ce qui montre que les conditions du puits sont captives et artésiennes.

Suite à des essais de pompage aux puits P-2 et P-3, MissionHGE (2009) a estimé les propriétés hydrauliques. Au puits P-2, la transmissivité  $T$  est de  $5,7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  ( $0,339 \text{ m}^2/\text{min}$ ), l'épaisseur de l'aquifère  $b$  est de 25,83 m (épaisseur productive moyenne à P-2 et P3), la conductivité hydraulique  $K$  est de  $2,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  ( $0,013 \text{ m}/\text{min}$ ) et le débit spécifique  $Q/s$  de  $0,0026 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}$  ( $0,158 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}$ ).

Lors des essais de pompage, les rabattements mesurés ont indiqué la présence de limites hydrauliques négatives (impermeables) avec une augmentation marquée du rabattement après 1000 minutes de pompage à P-2. Ce comportement indiquerait un contraste de conductivité hydraulique important entre l'aquifère sableux dans la vallée et les limites rocheuses de la vallée.

## Contexte hydrogéologique de la vallée de la rivière du Gouffre

La vallée de la rivière du Gouffre s'étend sur environ 20 km de longueur à partir du nord de Saint-Urbain jusqu'à Baie-Saint-Paul (figures A3.4 et A3.5). La largeur de la vallée est d'un peu moins de 2 km à Saint-Urbain et d'environ 4 km à Baie-Saint-Paul. L'altitude du fond de la vallée va d'un peu plus que 100 m d'élévation au nord de Saint-Urbain jusqu'à moins que 5 m à Baie-Saint-Paul. Les flancs de la vallée ont des pentes abruptes et la topographie dépasse une altitude de 400 m de chaque côté de la vallée.

On retrouve dans la vallée des sédiments généralement fins (tons de bleu sur la figure A3.4, gauche), alors que hors de la vallée du till (vert) recouvre généralement le roc, et que par endroit on retrouve des sédiments sableux d'origine alluviale (jaune), deltaïque (mauve) ou fluvioglaciale (orange). Hors de la vallée on retrouve des roches métamorphiques alors que dans la vallée il y a des roches sédimentaires. La figure A3.4 (droite) montre que les accumulations de sédiments peuvent être importantes dans la vallée, allant jusqu'à plus de 100 m d'épaisseur. La coupe géologique de la figure A3.6 montre que des sédiments fins silteux très épais sont présents sous la vallée et qu'ils recouvrent des sédiments sableux. Le levé sismique réalisé par la Commission géologique du Canada (Perret et al., 2012) a permis de préciser l'épaisseur et la nature des sédiments à Baie-Saint-Paul (figure A3.7). Les lignes sismiques montrent que l'épaisseur de sédiments fins silteux peut atteindre 100 m et que des sédiments sableux sous-jacents peuvent avoir une épaisseur excédant 100 m. L'aquifère sableux alimentant les puits P-2 et P-3 de Baie-Saint-Paul a donc une épaisseur très importante sous la profondeur atteinte par les puits.

La figure A3.5 (gauche) indique que l'aquifère sableux sous la vallée de la rivière du Gouffre a été interprété comme étant continu de Saint-Urbain presque jusqu'à Baie-Saint-Paul sur la base des forages disponibles au CERM-PACES (2015). Le levé sismique de la CGC (Perret et al., 2012) (figure A3.7) démontre que cet aquifère atteint aussi Baie-Saint-Paul. L'épaisseur de cet aquifère semble toutefois variable selon les épaisseurs totales de sédiments qui sont très changeantes entre Baie-Saint-Paul et Saint-Urbain (figure A3.4, droite). Cette variabilité peut aussi refléter le nombre limité de forages disponibles pour définir l'épaisseur de sédiments et particulièrement l'épaisseur des sédiments sableux à la base de la vallée enfouie.

Le levé sismique de la CGC (Perret et al., 2012) (figure A3.7) indique que les sédiments sableux constituant l'aquifère sont en contact avec les parois rocheuses sous la vallée. Toutefois, la coupe géologique (figure A3.6) ainsi que le levé sismique (figure A3.7) indiquent que les sédiments fins silteux couvrent toute la partie supérieure des sédiments présents dans la vallée jusqu'à sa bordure ainsi qu'au début des pentes rocheuses.

La géochimie de l'eau souterraine montre une eau de type Na-HCO<sub>3</sub> avec présence de Cl, ce qui est typique d'une eau représentant le lessivage d'eau marine (Cloutier et al., 2008 et 2010; Beaudry et al., 2018). La présence initialement d'eau marine dans l'aquifère sous-jacent à la vallée de la rivière du Gouffre serait cohérent avec l'invasion marine de la vallée du Saint-Laurent après le retrait des glaciers il y a environ 10 000 ans. Ce sont aussi ces conditions marines qui ont mené à la déposition de sédiments fins silteux dans la dépression de la paléo-vallée de la rivière du Gouffre. Un type d'eau Na-HCO<sub>3</sub> indique une évolution géochimique de l'eau à partir des eaux de recharge qui sont plutôt du type Ca-HCO<sub>3</sub>. Toutefois, le rapport entre les concentrations molaires de Na (1.696 mmol/L) et de Cl (1.721) est pratiquement de 1 (Na/Cl = 0.986), ce qui impliquerait une simple dilution de l'eau marine par de l'eau douce. L'eau souterraine prélevée au puits P-2 ne dépasse aucune concentration maximale acceptable pour l'eau potable (Annexe 1 tiré de MissionHGE, 2009). Il y a notamment absence de composés anthropiques, tel que le nitrate qui n'est pas détecté. La mesure de l'eau échantillonnée avec une sonde multiparamètres a aussi indiqué que l'oxygène dissous n'était pas détecté, ce qui indique des conditions réductrices qui témoignent aussi d'une évolution géochimique de l'eau souterraine. On retrouverait aussi à Saint-Urbain une eau de type Na-HCO<sub>3</sub> (Simon Huard, communication personnelle 2020).

Au niveau des indicateurs du temps de résidence de l'eau souterraine, il n'y a pas eu de tritium ni de SF<sub>6</sub> détecté et les concentrations en CFCs sont près de la limite de quantification. Ces indicateurs ne sont présents que dans les eaux modernes (moins de 50-60 ans), à cause de sa désintégration dans le cas du tritium et parce qu'ils proviennent d'émissions anthropiques depuis les années 1950 dans le cas des CFCs et du SF<sub>6</sub>. Ceci indique qu'il n'y a pas, ou très peu, de composante moderne dans l'eau souterraine. Par contre, la

datation au radiocarbone donne un temps de résidence de plus de 7000 ans (âge non corrigé de 7554 ans et âge corrigé de 7373 ans). Ceci indique un lent parcours de l'eau souterraine depuis sa zone de recharge.

### **Modèle conceptuel hydrogéologique**

La formulation du modèle conceptuel hydrogéologique doit permettre de définir le fonctionnement du système aquifère en intégrant et en expliquant toutes les observations connues et en considérant le contexte dans lequel on retrouve le système aquifère de la vallée de la rivière du Gouffre.

Les sédiments silteux peu perméables présents dans la partie supérieure de la vallée constituent un aquitard qui limite la circulation verticale de l'eau souterraine (figures A3.6 et A3.7). La présence de cet aquitard conduit à des conditions captives pour l'aquifère sableux sous-jacent où le puits P-2 capte l'eau souterraine. L'épaisseur considérable de cet aquitard empêche toute recharge directe de l'aquifère sur pratiquement toute la largeur de la vallée. Toutefois, le contact de l'aquifère rocheux avec le roc sur les flancs de la vallée enfouie (figure A3.7) est probablement responsable, au moins en partie, des conditions artésiennes de l'aquifère à cause de la continuité hydraulique de l'aquifère avec les charges hydrauliques importantes dans le roc fracturé adjacent qui sont en relation avec sa topographie importante.

La recharge de l'aquifère sableux est envisageable dans sa partie la plus en amont de la vallée, au nord de Saint-Urbain, où les sédiments fluvioglaciers et fluviaux qu'on y retrouve à la surface du sol peuvent être présumés se poursuivre dans la vallée sous le couvert des sédiments silteux constituant un aquitard (figures A3.4, gauche, et A3.5, gauche). Par contre, la coupe géologique (figure A3.6) montre que les sédiments sableux perméables (en jaune) présents à l'ouest et à l'est de la vallée ne sont pas connectés aux sédiments sableux constituant l'aquifère dans la vallée sous l'aquitard silteux. L'eau souterraine qui circule dans le roc fracturé à l'ouest et à l'est converge vers la vallée à partir des hauts topographiques (figure A3.5, droite). Toutefois, la présence de l'aquitard silteux jusqu'à la bordure de la vallée devrait faire en sorte que l'eau souterraine s'écoulant dans le roc émerge au-dessus de la vallée plutôt que d'atteindre l'aquifère sableux. Le fait que les charges hydrauliques sont plus élevées dans l'aquifère captif et artésien qu'à la base des pentes de chaque côté de la vallée va aussi favoriser l'émergence de cette eau au pied des talus plutôt que de poursuivre leur écoulement en profondeur.

L'absence de recharge directement à travers l'aquitard silteux ainsi que le peu d'apports d'eau souterraine provenant de l'écoulement dans le roc fracturé fait en sorte que l'écoulement se fait essentiellement vers le sud dans le sens de la vallée sur une distance de l'ordre de 15 km à partir des zones de recharge au nord de Saint-Urbain jusqu'à Baie-Saint-Paul. Le faible gradient topographique de l'amont (60 m) à l'aval (10 m) de la vallée devrait mener à un lent écoulement de l'eau souterraine, ce qui est supporté par l'âge de l'eau souterraine excédant 7000 ans et la nature géochimique évoluée de la composition de l'eau souterraine. L'absence d'apports significatifs d'eau moderne (< 50-60 ans) dans l'aquifère sableux à proximité de Baie-Saint-Paul est supporté par la non détection de tritium et de SF<sub>6</sub> et des concentrations en CFCs à la limite de quantification. De plus, il y a non détection de nitrates, même si l'utilisation du territoire dans la vallée de la rivière du Gouffre est principalement agricole.

Le contexte du système aquifère, les conditions observées ainsi que le modèle conceptuel formulé pour expliquer ces conditions impliquent que la vulnérabilité de l'aquifère exploité par le puits P-2 de la ville de Baie-Saint-Paul est très faible. Ce très faible risque de contamination de l'eau souterraine captée par le puits P-2 est aussi supporté par la caractérisation géochimique de l'eau souterraine et l'interprétation de ses résultats.

## ANNEXE 3. CONTEXTE DU PUIT

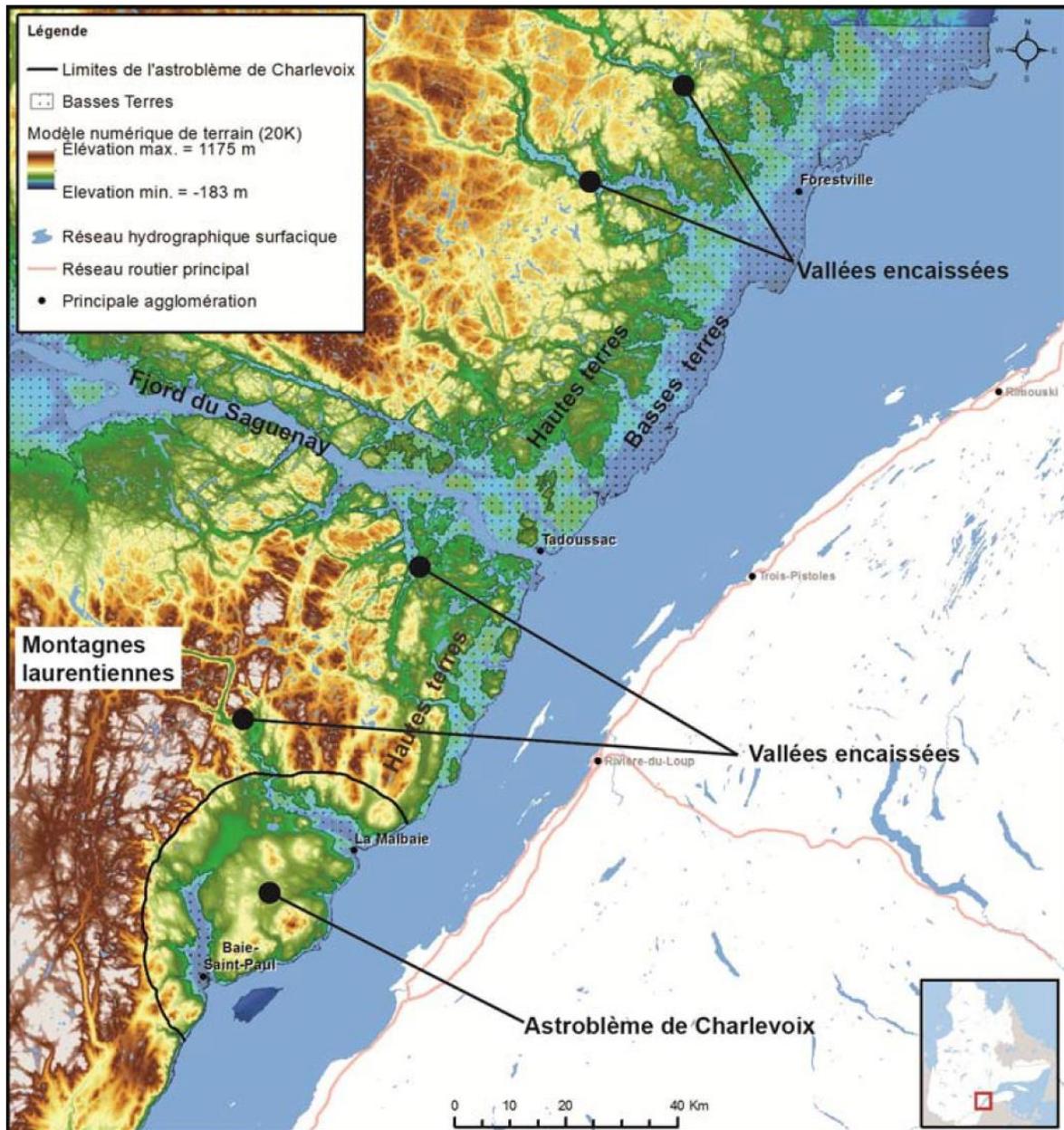


Figure A3.1 Localisation de Baie-Saint-Paul et topographie de Charlevoix et de la Haute-Côte-Nord (CERM-PACES, 2015b).



Figure A3.2 Localisation des puits P-2 et P-3 à Baie-Saint-Paul (MissionHGE, 2009).



Figure A3.3 Topographie entourant la vallée de la rivière du Gouffre et aire d'alimentation des puits P-2 et P-3 définie par MissionHGE (2009).

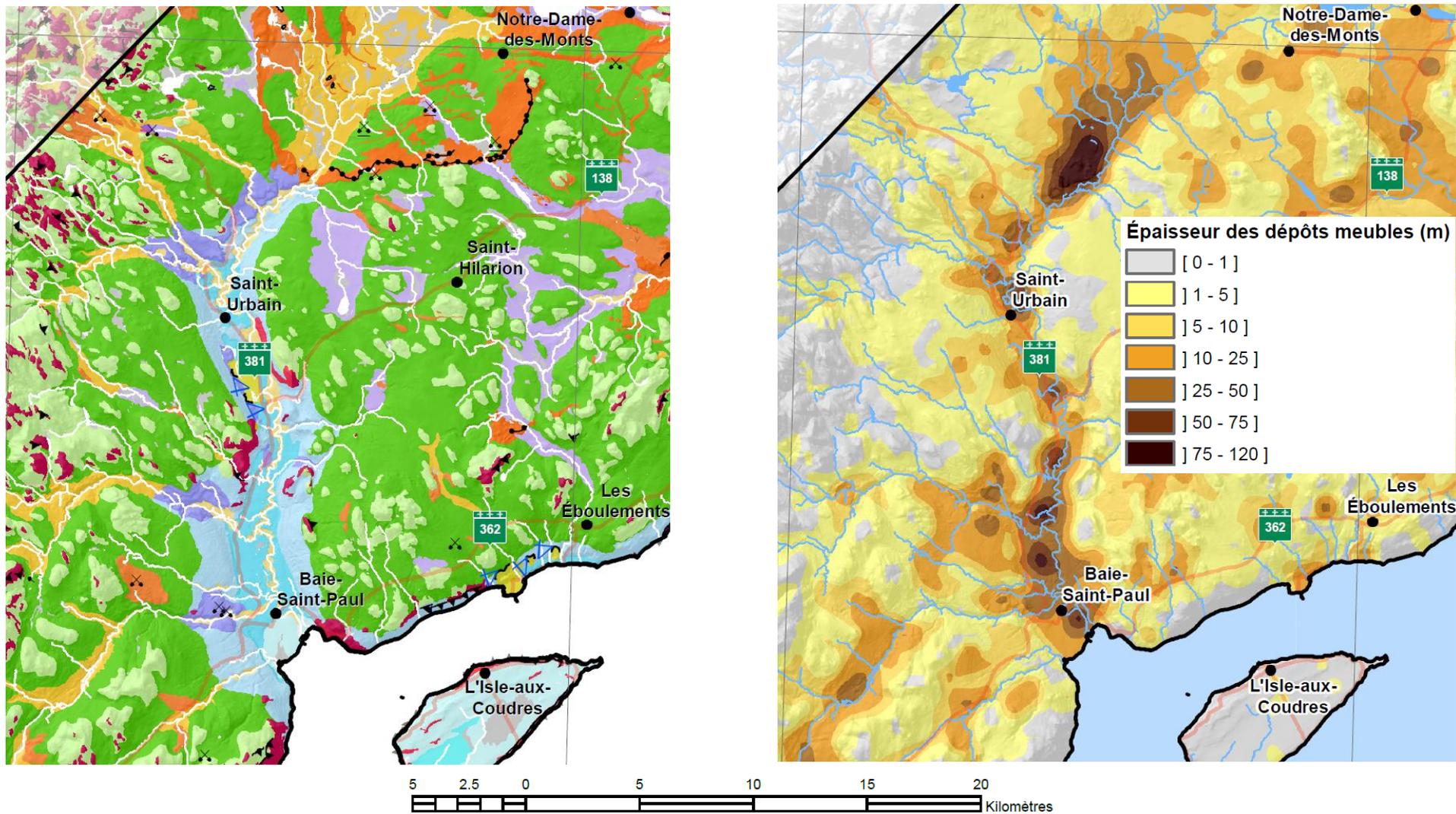


Figure A3.4 Géologie des dépôts meubles (gauche) et épaisseur des dépôts meubles (droite) dans la région de Baie-Saint-Paul (extraits des cartes régionales de CERM-PACES, 2015b). Voir la légende de la géologie des dépôts meubles à la page suivante.

## DEPÔTS QUATÉRIAIRES POSTGLACIAIRES

### DÉPÔTS DE VERSANT

- Ce** Dépôts d'éboulis : cailloux et blocs anguleux géofractés; formant des cônes ou des tabliers au pied d'escarpements rocheux.
- Cr** Dépôts de glaciers rocheux : cailloux et blocs anguleux à subanguleux, mis en place sur des pentes raides et se déformant plastiquement à cause de la présence de glace interstitielle.
- Cg** Dépôts de glissement de terrain : silt et argiles remaniés par des glissements de terrain et occupant le plus souvent des amphithéâtres marqués par des modèles chaotiques ou en gradins au pied de cicatrices de glissement; selon la nature du matériel recouvrant les argilo-silt marins, ces sédiments peuvent comprendre des amas de sable ou de gravier entraînés par les glissements; épaisseur variant de 1 à 15 m.
- C** Dépôts de versant non différenciés

### SÉDIMENTS ORGANIQUES

- O** Sédiments organiques non différenciés

### DÉPÔTS ÉOLIENS

- Ed** Sédiments éoliens : sable fin à stratifications obliques diffuses mis en place par le vent sous forme de dunes paraboliques formées à la surface des sédiments littoraux et alluviaux fraîchement exondés; indiquent des vents dominants provenant du NE ou du SO; pouvant contenir des horizons organiques tels des paléosols; d'une épaisseur variant de 2 à 10 m. L'éolisation des dunes stabilisées et autres surfaces sableuses peut reprendre si la couverture végétale est enlevée, soit lors de feux de forêts ou par l'activité anthropique.

### SÉDIMENTS ALLUVIAUX

#### NOTE

Sédiments mis en place le long des cours d'eau du système fluvial actuel et lors de leur incision dans les formations quaternaires antérieures (Ap, At). Ces sédiments incluent notamment des alluvions mises en place dans les anciens chenaux de proto-rivières (Ax).

- Ap** Alluvions actuelles : sable, silt sableux, sable graveleux et gravier contenant fréquemment de la matière organique; de 0,5 à 1 m d'épaisseur; levées, barres et plaines alluviales actuelles.
- Ac** Cône alluvial : galets, graviers, sables stratifiés formant des cônes plus ou moins inclinés au débouché de cours d'eau sur un terrain plus plat; surface généralement chenalisée.
- Ax** Alluvions des terrasses fluviales anciennes : sable, silt sableux et gravier contenant un peu de matière organique; de 1 à 7 m d'épaisseur; déposées dans des zones débordant des couloirs fluviaux actuels. Surface généralement marquée par des levées et barres alluviales et parfois remaniée par l'action éolienne; l'abaissement du niveau de base est visible par l'étagement des terrasses.
- A** Alluvions non différenciées

### SÉDIMENTS LACUSTRES

#### NOTE

Sédiments mis en place dans un lac périglaciaire et comprenant principalement des sables et graviers littoraux, pré-littoraux et deltaïques; pouvant aussi inclure des sédiments remaniés à partir d'unités sous-jacentes.

- Lb** Sédiments littoraux et pré-littoraux : sable, silt sableux, sable graveleux et gravier stratifiés et généralement bien triés; mis en place en eaux peu profondes lors de la phase plénilacustre et lors de l'exondation; surface généralement marquée par des crêtes de plage et parfois remaniée par l'action éolienne; puisqu'il s'agit principalement de faciès d'exondation, ces sédiments forment le plus souvent une couverture mince reposant sur des sédiments fins d'eau profonde.

### SÉDIMENTS MARINS

#### NOTE

Sédiments mis en place lors de l'épisode de la mer de Goldthwait; généralement fossilifères, comprenant principalement des sables et graviers littoraux, pré-littoraux et deltaïques ainsi que des silt et argiles déposés en eau profonde; pouvant aussi inclure des sédiments remaniés à partir d'unités sous-jacentes. Ces sédiments ont été identifiés en dessous de 10 m d'altitude.

- Mb** Sédiments littoraux et pré-littoraux : sable, silt sableux, sable graveleux et gravier stratifiés et généralement bien triés; d'épaisseur variant de 1 à 13 m; mis en place en eau peu profonde lors de la phase plénimarine et lors de l'exondation; surface généralement marquée par des crêtes de plage et parfois remaniée par l'action éolienne; lorsqu'il s'agit de faciès d'exondation, ces sédiments forment généralement une couverture mince sur les sédiments d'eau profonde.
- Ma** Sédiments fins d'eau profonde : silt argileux et argile silteuse, gris moyen à gris foncé, massifs, laminés ou stratifiés, comprenant localement des rythmites; principalement mis en place par décantation durant la phase d'inondation marine.

## DERNIÈRE GLACIATION

### SÉDIMENTS GLACIOMARINS

#### NOTE

Sédiments mis en place lors de l'épisode de la mer de Goldthwait à proximité de ou devant une marge glaciaire et composés principalement de silt, sable, argile ou diamicton; ces sédiments contiennent des faunes d'eaux très froides ou sont non fossilifères.

- MGI** Sédiments intertidaux : silt et silt sableux, généralement massifs ou faiblement stratifiés; d'épaisseur variant de 2 à 5 m; mis en place en zone intertidale ou infratidale dans des baies ou bras de mer abrités, souvent à proximité de grands complexes deltaïques.
- MGd** Sédiments deltaïques et prodeltaïques : sable, sable graveleux et gravier, stratifiés et bien triés; jusqu'à 20 m d'épaisseur; mis en place à l'embouchure de cours d'eau se déversant dans la mer de Goldthwait; comprenant localement des sédiments silto-sableux prodeltaïques.
- MGB** Sédiments littoraux et pré-littoraux : sable, silt sableux, sable graveleux et gravier stratifiés, généralement bien triés; d'épaisseur variant de 1 à 10 m environ; mis en place en eau peu profonde; surface généralement marquée par des crêtes de plage et parfois remaniée par l'action éolienne.
- MGa** Sédiments fins d'eau profonde : silt argileux et argile silteuse, gris moyen à bleu-gris, massifs, laminés ou stratifiés, comprenant localement des rythmites; variant de 1 à 25 m d'épaisseur; principalement mis en place par décantation durant la phase d'inondation glaciomarine.

### SÉDIMENTS GLACIOLACUSTRES

#### NOTE

Sédiments mis en place dans un lac proglaciaire.

- LGD** Sédiments deltaïques et prodeltaïques : sable, sable grossier et sable graveleux; de 3 à 15 m d'épaisseur; mis en place à l'embouchure des cours d'eau qui se déversaient dans un lac proglaciaire; montrant une surface plane généralement marquée par des chenaux abandonnés et parfois modifiée par l'action éolienne.
- LGB** Sédiments littoraux et pré-littoraux : sable, sable silteux, gravier sableux et blocs; de 1 à 10 m d'épaisseur; sédiments remaniés le long des rives et à l'intérieur du lac glaciaire; montrant une surface parfois marquée par des crêtes de plage ou modifiée par l'action éolienne.
- LG** Sédiments glaciolacustres non différenciés

### SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

#### NOTE

Sédiments stratifiés mis en place par les eaux de fonte au contact ou à proximité du glacier. Les unités sises sous la limite marine ou glaciolacustre ont généralement été remaniées par les vagues et les courants lors de la submersion ou de l'exondation.

- Go** Sédiments d'épandage proglaciaire subaérien : sable, gravier et blocs, stratifiés, montrant une décroissance granulométrique générale vers l'aval; de 1 à 12 m d'épaisseur; formant des replats et des plaines d'épandage dont la surface est souvent marquée par d'anciens chenaux sinueux et peu profonds.
- Gx** Sédiments juxtaglaciaires : sable et gravier, blocs, stratifiés, parfois mal triés, un peu de till ou de diamicton; jusqu'à 30 m d'épaisseur; formant des eskers, des kames, des deltas-kames et des crêtes morainiques dont la surface est généralement bosselée.
- GxT** Sédiments des moraines frontales de Saint-Narcisse, de Mars-Batiscan et de Rochette: till, diamicton, sable et gravier; jusqu'à 10 m d'épaisseur; mis en place au front du glacier; constitués d'une ou plusieurs crêtes dont la surface est généralement bosselée et parsemée de blocs.

### SÉDIMENTS GLACIAIRES

#### NOTE

Diamicton à matrice sablo-silteuse à silto-argileuse mis en place directement par le glacier.

- Tc** Till en couverture généralement continue : diamicton à matrice sableuse ou silteuse comprenant des faciès de fond et d'ablation; d'épaisseur variant de 1 à 8 m; en surface, cette unité est présente principalement sur les hauts-plateaux et à l'intérieur des dépressions.
- Tm** Till en couverture mince et discontinue : diamicton comprenant principalement des faciès d'ablation de moins de 1 m d'épaisseur et dont la surface est généralement ponctuée d'affleurements rocheux; la structure du roc sous-jacent transparaît sur les photographies aériennes. Unité présente principalement dans les régions de socle.

### PRÉ-QUATÉRIRE

#### SUBSTRAT ROCHEUX

- Ri** Roches ignées intrusives
- Rs** Roches sédimentaires et/ou volcaniques, généralement subhorizontales
- Rm** Roches métamorphiques de haut grade

Légende de la géologie des dépôts meubles accompagnant la figure A3.4 (gauche) (CERM-PACES, 2015b).

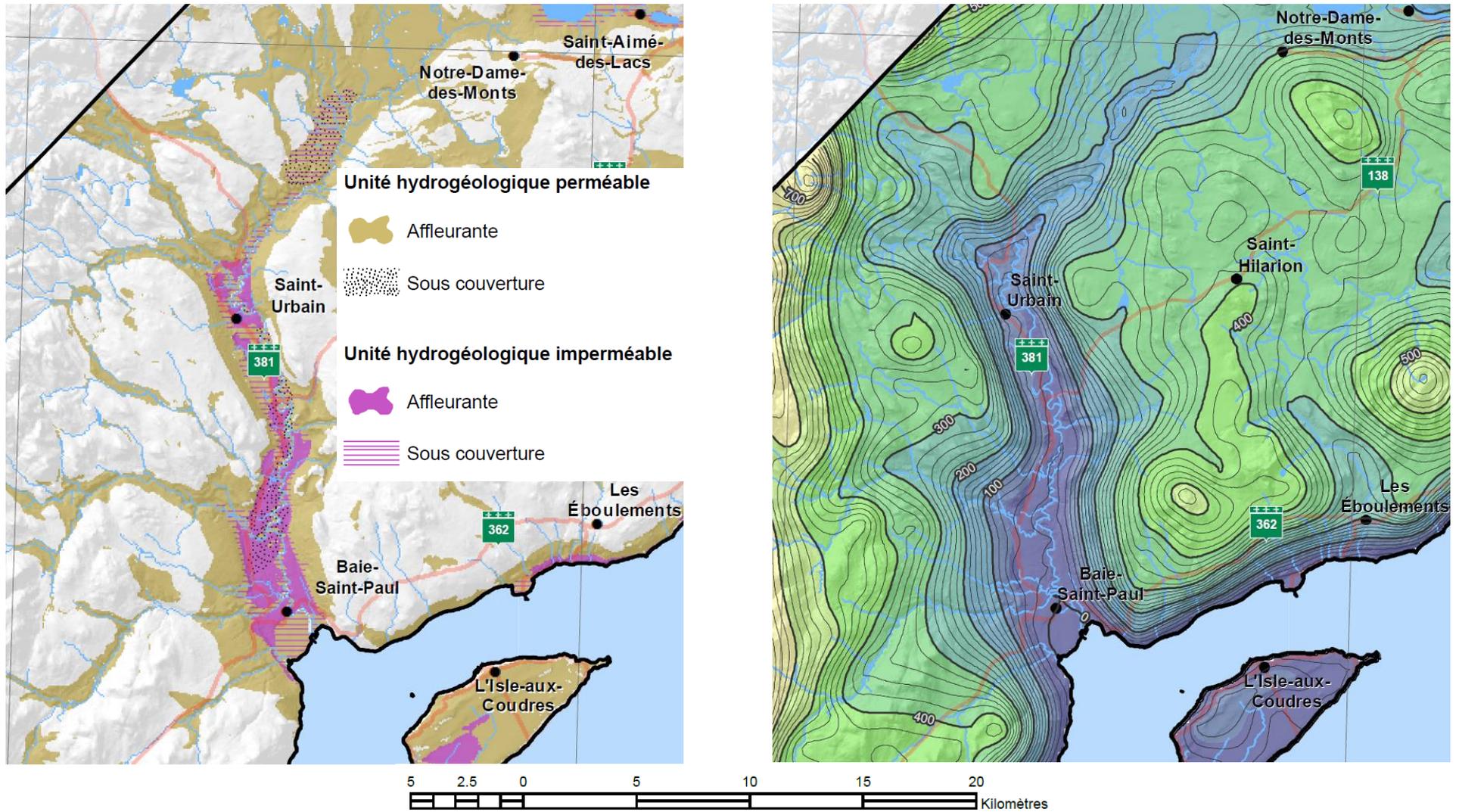
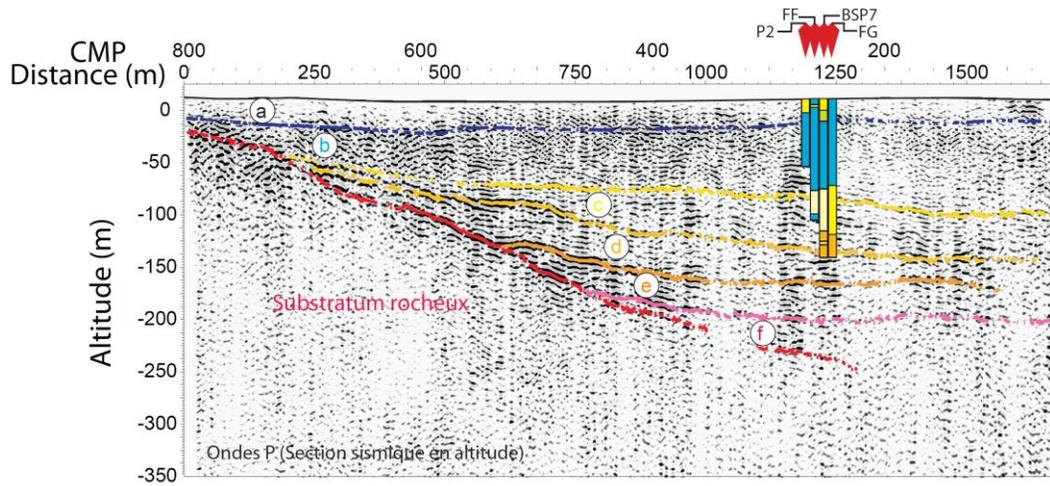


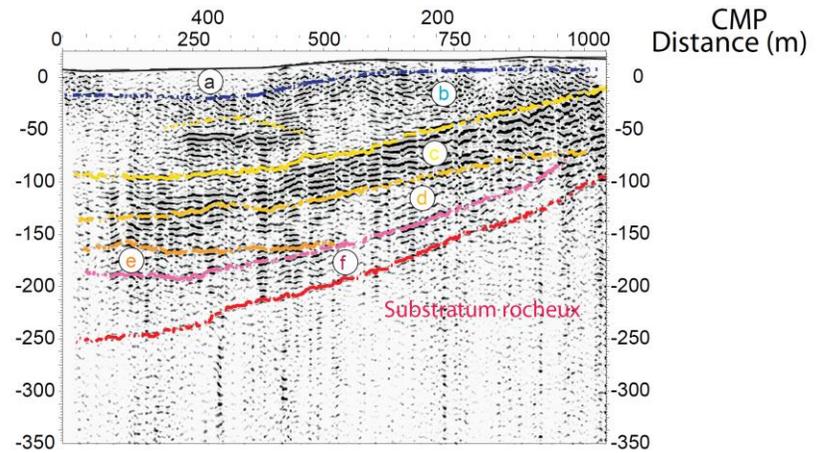
Figure A3.5 Unités hydrogéologiques perméables et imperméables (gauche) et piézométrie régionale (droite) dans la région de Baie-Saint-Paul (extraits des cartes régionales de CERM-PACES, 2015b).





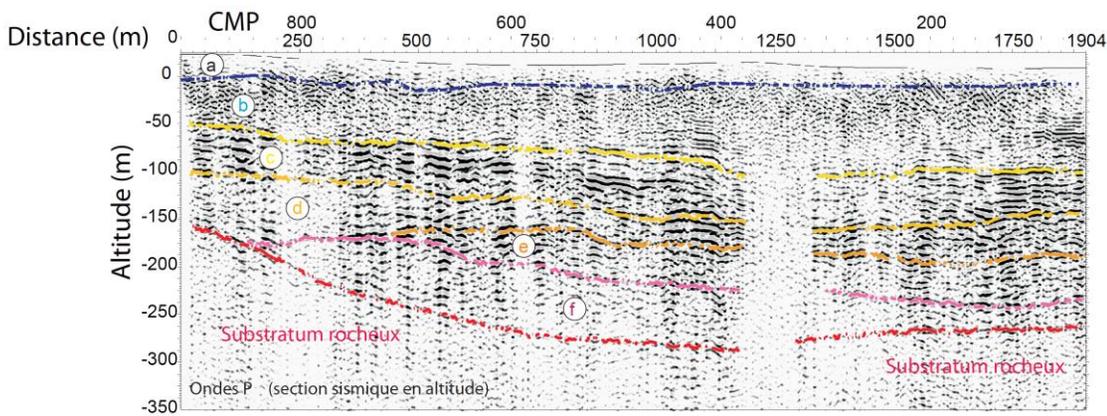
**Sédiments à dominante :**  
**a- sableuse ou silteuse ou argileuse**  
**b- argileuse ou silteuse**  
**c, d- sableuse à graveleuse**  
**e, f - graveleuse à très grossière**

Commission géologique du Canada  
 Projet: Baie St Paul 09  
 Zone d'étude: Baie St Paul  
 Ligne 1000b



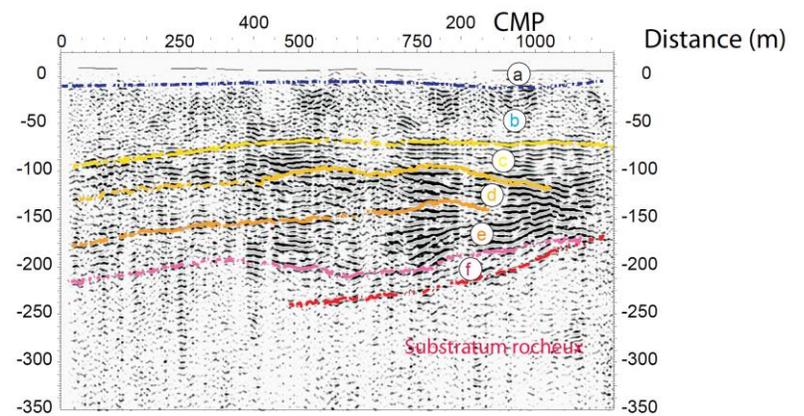
Commission géologique du Canada  
 Projet: Baie St Paul 09  
 Zone d'étude: Baie St Paul  
 Ligne 1000a

Interprétation des données géophysiques: André Pugin (apugin@NRCan.gc.ca)  
 Responsable des levés géophysiques: Didier Perret (dperret@NRCan.gc.ca)



**Sédiments à dominante :**  
**a- sableuse ou silteuse ou argileuse**  
**b- argileuse ou silteuse**  
**c, d- sableuse à graveleuse**  
**e, f - graveleuse à très grossière**

Commission géologique du Canada  
 Projet: Baie St Paul 09  
 Zone d'étude: Baie St Paul  
 Ligne 2000a



Commission géologique du Canada  
 Projet: Baie St Paul 09  
 Zone d'étude: Baie St Paul  
 Ligne 2000b

Interprétation des données géophysiques: André Pugin (apugin@NRCan.gc.ca)  
 Responsable des levés géophysiques: Didier Perret (dperret@NRCan.gc.ca)

Figure A3.7 Coupes géologiques tirées de l'interprétation de deux lignes d'un levé sismique réalisé par la Commission Géologique du Canada (CGC) à Baie-Saint-Paul. Haut : ligne 1000 SO-NE perpendiculaire à la vallée. Bas : ligne 2000 NO-SE longitudinale à la vallée (localisation des lignes sismiques à la figure A3.8) (voir détails dans Perret et al., 2012).

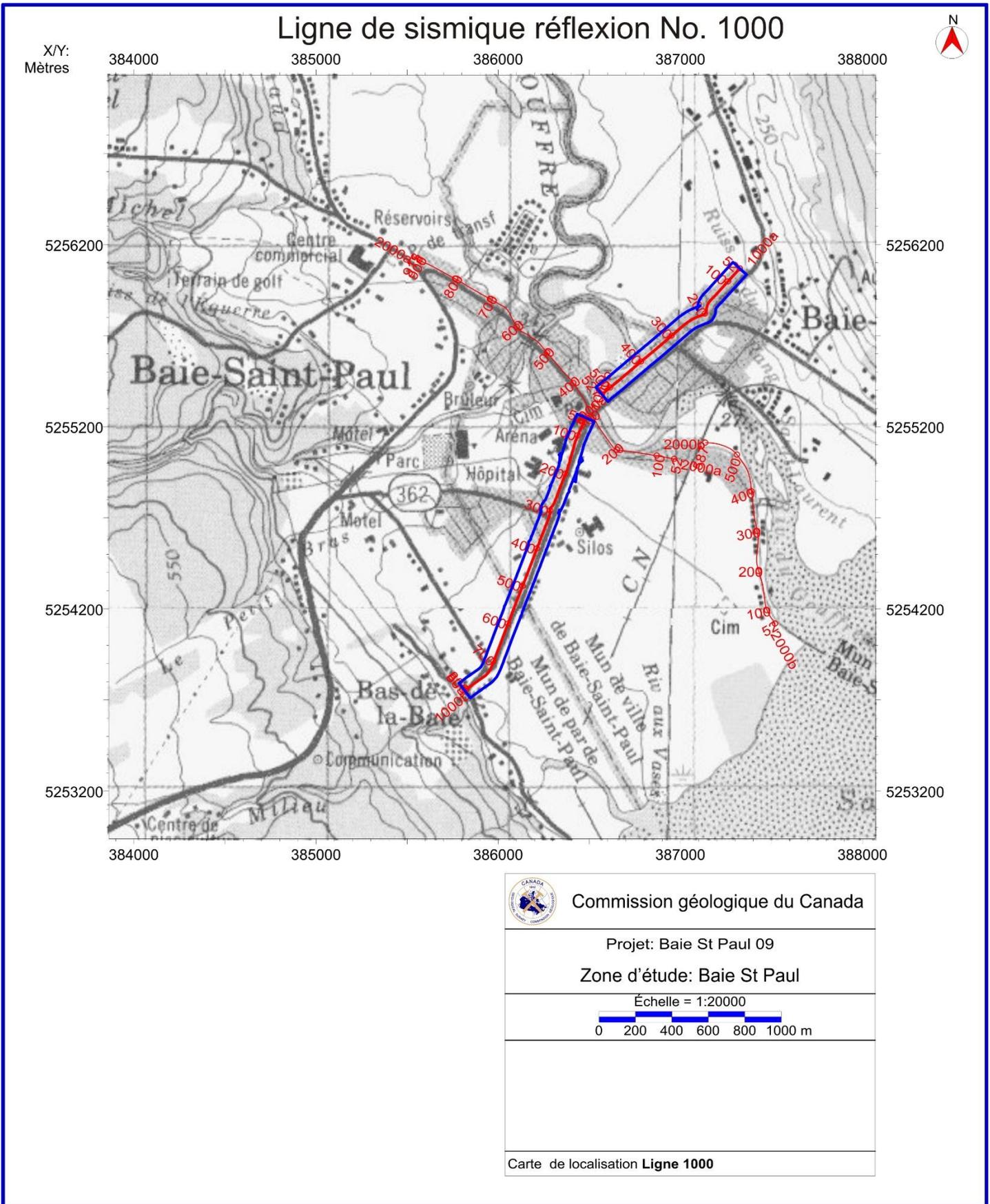


Figure A3.8 Localisation des lignes du levé sismique réalisé par la Commission Géologique du Canada à Baie-Saint-Paul (voir détails dans Perret et al., 2012).

No. DE PROJET **09101-101** CLIENT \_\_\_\_\_

Ville de Baie-Saint-Paul

ENTREPRENEUR Samson et Frères Inc. OPÉRATEUR Claude Bouffard TYPE DE MACHINERIE Rotative  
 SUPERVISION M. Rodrigue VÉRIFICATION R. Lamontagne TYPE D'AMÉNAGEMENT PUITS EXPÉRIMENTAL  
 COORDONNÉES GÉODÉSQUES X = 386 461. Y = 5 254 784. SYSTÈME DE COORDONNÉES UTM NAD83 ZONE 19  
 ÉLÉVATION DE SURFACE 99.49m ÉLÉVATION TUBAGE 100.10m RÉFÉRENCE ÉLÉVATION Arbitraire COUVERCLE CADENASSÉ: Non  
 DATE DÉBUT 2008-11-24 TECH. DE FORAGE SOL Rotation DIA. DE FORAGE SOL 20.3cm PROFONDEUR DU ROC N/A  
 DATE FIN 2009-05-13 TECH. DE FORAGE ROC N/A DIA. DE FORAGE ROC N/A PROFONDEUR DE LA NAPPE N/A

### COUPE GÉOLOGIQUE

### PUITS EXPÉRIMENTAL, SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT

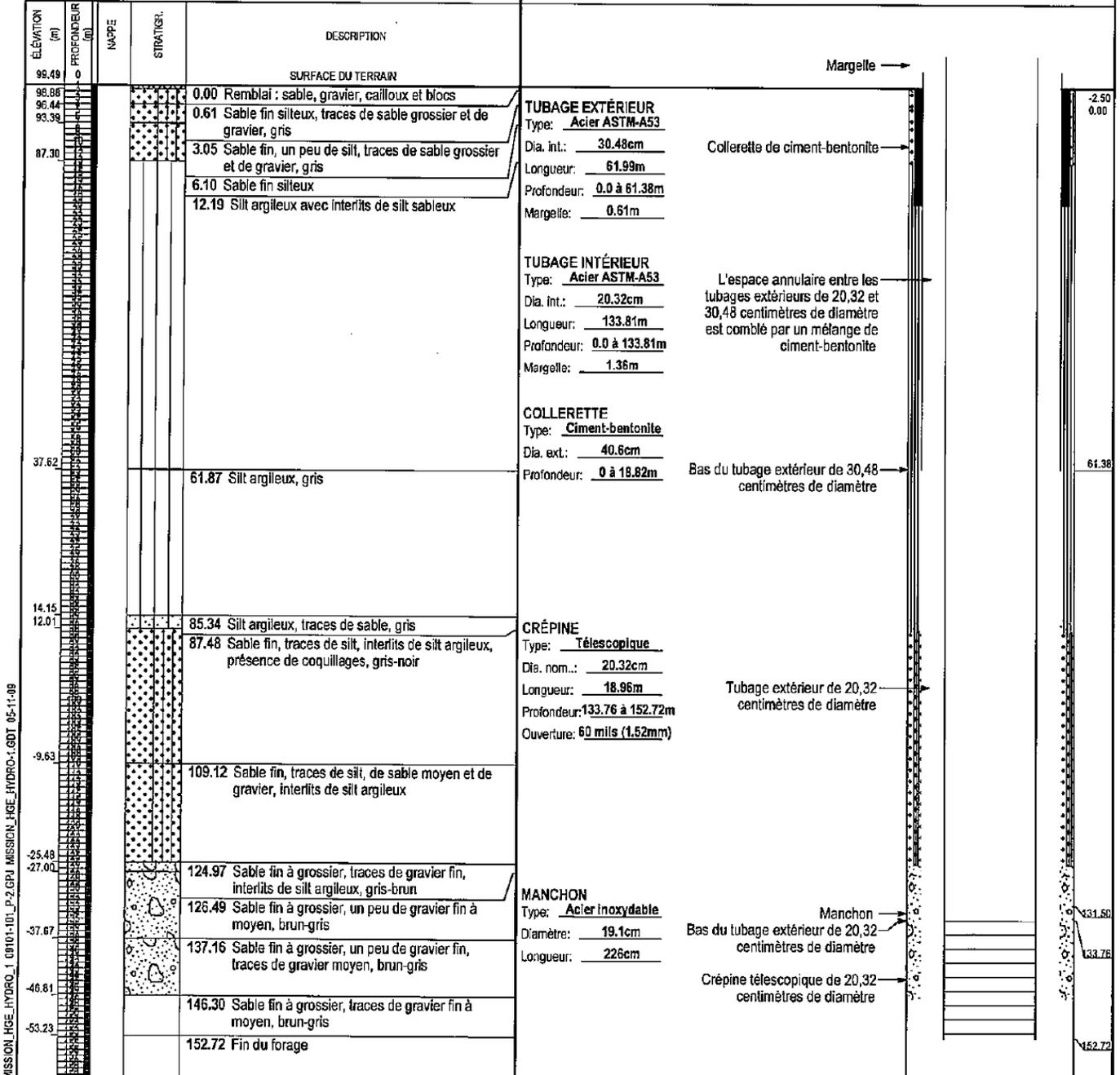


Figure A3.9 Rapport de forage du puits P-2 (MissionHGE, 2009).

# SECTION 2

Renseignement mentionné aux paragraphes 4, 5 et 6 de l'article 68 réalisé par l'ORGANISME DE BASSIN VERSANT CHARLEVOIX-MOMONTRENCY.

# **RAPPORT D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LES PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE N° X2129308-1 ET X2129308-2**

PRÉSENTÉ À LA VILLE DE BAIE-SAINT-PAUL

1ER FEVRIER 2020



## RÉDACTION

- Jeanne Piette, M. Sc. Biologie, membre ABQ #4589  
Chargée de projets en environnement
- Yannick Desmeules, tech. Bioécologie  
Technicien en environnement
- Amélia Fortier, tech. Bioécologie  
Stagiaire

## RÉVISION

Ce rapport d'analyse de la vulnérabilité de la source d'eau potable a fait l'objet d'une vérification rigoureuse. Il a été effectué selon les exigences du Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP) et selon la démarche présentée dans le guide de réalisation élaboré par la Direction de l'eau potable et des eaux souterraines du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. La validité des renseignements présentés dans le rapport a également fait l'objet d'une révision minutieuse.

A handwritten signature in blue ink, reading "Payse Mailhot".

- Payse Mailhot M. Sc. Biologie, membre ABQ #4386  
Coordonnatrice de projets, OBV Charlevoix-Montmorency

## CITATION SUGGÉRÉE

OBV Charlevoix-Montmorency. 2021. Rapport d'analyse de la vulnérabilité de la source pour les prélèvements d'eau souterraine n° X2129308-1 et X2129308-2. Présenté à la Ville de Baie-Saint-Paul. 52 pages.

# TABLE DES MATIÈRES

1. Mise en contexte.....	6
2. Résultats de l’inventaire des activités anthropiques et de l’évaluation des menaces qu’elles représentent.....	6
2.1 Agriculture .....	6
2.1.1 Déjections animales.....	6
2.1.2 Épandage de fertilisants et de produits phytosanitaires .....	7
2.1.3 Réservoirs d’hydrocarbures.....	8
2.2 Foresterie.....	14
2.3 Usages industriels.....	14
2.3.1 Garages, concessionnaires automobiles et stations-services .....	14
2.3.2 Usines et industries .....	17
2.3.3 Cimetière de voitures .....	20
2.4 Commerce de détail .....	20
2.5 Restaurants et hôtels.....	20
2.6 Golf .....	21
2.7 Coopérative funéraire .....	21
2.8 Cimetière .....	22
2.9 Terrains contaminés .....	22
2.10 Installations septiques.....	27
2.11 Corridors de transport routier et ferroviaire.....	27
2.11.1 Réseau routier .....	27
2.11.2 Voie ferrée.....	30
2.12 Transport d’électricité à haute tension .....	30
2.13 Barrage.....	30
2.14 Prélèvement d’eau .....	31
2.15 Traitement et rejet des eaux usées .....	31
2.15.1 Stations d’épuration .....	31
2.15.2 Rejet à partir des ouvrages de surverse.....	31
2.16 Tableau synthèse des activités anthropiques et des menaces associées .....	33
3. Résultats de l’inventaire des évènements potentiels et de l’évaluation des menaces qu’ils représentent.....	34
3.1 Accident routier .....	34
3.2 Bris d’infrastructures industrielles .....	34
3.3 Aléas naturels .....	34
3.4 Tableau synthèse des évènements potentiels et des menaces associées.....	35
4. Résultats de l’inventaire des affectations du territoire.....	36

4.1	Aire de protection immédiate .....	36
4.1.1	Institutionnelle et services publics .....	36
4.2	Aires de protection intermédiaires .....	36
4.2.1	Institutionnelle et services publics .....	36
4.2.2	Commerciale et services.....	37
4.2.3	Commerciale récréotouristique .....	37
4.2.4	Résidentielle .....	38
4.2.5	Résidentielle à planifier .....	38
4.2.6	Agricole dynamique.....	39
4.3	Aire de protection éloignée.....	39
5.	Identification des problèmes avérés et de leurs causes probables.....	44
6.	Information manquante.....	44
7.	Conclusion.....	44
	Références.....	46
	Annexe 1.....	50
	Agriculture.....	50
	Garages, concessionnaires automobiles et stations-services.....	51
	Usines et industries .....	52
	Commerce de détail .....	52
	Restaurants et Hôtels .....	52
	Golf 53	
	Coopérative funéraire .....	53

# TABLE DES FIGURES

Figure 1. Activités agricoles et localisation de réservoirs d'hydrocarbures et de produits chimiques dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (MRC de Charlevoix, 2020; Bing, 2021; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Les points localisant les réservoirs identifient le centroïde du terrain concerné et non la localisation exacte du réservoir. ....	9
Figure 2. Commerce de détail, restaurant ou hôtel, activités agricoles, routes et voie ferrée dans les aires de protection immédiate et intermédiaires du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (Gouvernement du Québec, 2010; Gouvernement du Québec, 2020; MRC de Charlevoix, 2020; Bing, 2021; OBV-CM, 2021; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Les points localisant les réservoirs identifient le centroïde du terrain concerné et non la localisation exacte du réservoir. ....	10
Figure 3. Usages industriels dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (Bing, 2021; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Les points localisant les réservoirs identifient le centroïde du terrain concerné et non la localisation exacte du réservoir. ....	19
Figure 4. Commerce de détail, restaurants, hôtels, golf, coopérative funéraire et cimetière dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (Bing, 2021; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Les points localisant les réservoirs identifient le centroïde du terrain concerné et non la localisation exacte du réservoir. ....	23
Figure 5. Terrains contaminés dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (Bing, 2021; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés).....	26
Figure 6. Barrage, routes, lignes électriques à haute tension et voie ferrée dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (Gouvernement du Québec, 2010; Gouvernement du Québec, 2020; Bing, 2021; OBV-CM, 2021). ....	29
Figure 7. Prises d'eau, station d'épuration, ouvrages de surverse et hydrologie dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (OBV-CM, 2019; Gouvernement du Québec, 2020; Bing, 2021).....	32
Figure 8. Affectations du territoire dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (MRC de Charlevoix, 2020; Bing, 2021). Les fichiers géomatiques pour la partie la plus au nord de l'aire de protection éloignée ne sont pas disponibles, mais les affectations dans ce secteur ont été tenus en compte dans l'analyse. ....	40
Figure 9. Affectations du territoire dans les aires de protection immédiate et intermédiaires du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (MRC de Charlevoix, 2020; Bing, 2021).....	41

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Entreprises agricoles effectuant de l'épandage dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). .....	11
Tableau 2. Entreprises agricoles possédant un réservoir d'hydrocarbures dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). ....	13
Tableau 3. Garages, concessionnaires automobiles et stations-services possédant un réservoir d'hydrocarbures et d'autres produits chimiques dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). .....	15
Tableau 4. Usines et industries possédant des réservoirs d'hydrocarbures et d'autres produits chimiques dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). ....	18
Tableau 5. Restaurants et hôtels possédant des réservoirs d'hydrocarbures et d'autres produits chimiques dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). ....	24
Tableau 6. Infrastructures de prélèvement d'eau dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul. ....	31
Tableau 7. Activités anthropiques et potentiel de risque associé dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul. ....	33
Tableau 8. Évènements potentiels et potentiel de risque associé dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul. ....	35
Tableau 9. Nature et ampleur du risque (*) ou de la protection amenée par les usages compatibles avec les affectations présentes dans l'aire de protection éloignée du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (MRC de Charlevoix, 2012; Baie-Saint-Paul, 2020). ....	42

# 1. MISE EN CONTEXTE

Le présent document constitue la deuxième section du rapport de l'analyse de vulnérabilité de la source pour le prélèvement d'eau souterraine n°X2129308-1 et X2129308-2. La première section du rapport a été produite par l'entreprise Ogéo enr. de Sainte-Brigitte-de-Laval. Ogéo avait comme mandat de réaliser la description des installations, des aires de protection et de la vulnérabilité.

Cette seconde section, produite par l'Organisme de bassins versants Charlevoix-Montmorency, contient l'inventaire des activités, des événements potentiels et des affectations du territoire, l'évaluation des menaces qui y sont associées ainsi que l'identification des causes probables des problèmes avérés. La structure et nomenclature du présent rapport proviennent du guide de réalisation élaboré par la Direction de l'eau potable et des eaux souterraines du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques qui indique précisément la marche à suivre pour réaliser l'étude de vulnérabilité d'un point de prélèvement d'eau souterraine.

## 2. RÉSULTATS DE L'INVENTAIRE DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES ET DE L'ÉVALUATION DES MENACES QU'ELLES REPRÉSENTENT

L'OBV-CM a réalisé un inventaire non exhaustif des activités anthropiques à risque dans les aires de protection de la prise d'eau potable de la Ville de Baie-Saint-Paul. Il s'est basé sur l'analyse de photos aériennes ainsi que sur des communications avec les responsables municipaux concernés ainsi que les propriétaires des entreprises dont la liste est présentée en annexe 1. Il n'a cependant pas été possible de rejoindre certains propriétaires. Il est donc important de noter que certains renseignements peuvent manquer à l'inventaire, dont les principaux sont identifiés à la section 6 de ce document.

### 2.1 AGRICULTURE

La vallée du Gouffre est fortement occupée par les activités agricoles en tout genre (agriculture, élevage et transformation) (figure 1; figure 2; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Une superficie totale de 12,04 km<sup>2</sup> incluse dans les aires de protection est vouée à un usage agricole (MRC de Charlevoix, 2020). On retrouve principalement des grandes cultures et l'élevage de bovins. D'autres terres anciennement cultivées, mais qui sont maintenant en friche, ne sont pas calculées dans ces superficies.

#### 2.1.1 Déjections animales

Dans l'aire de protection intermédiaire bactériologique, on retrouve une portion d'une terre agricole s'étendant également dans l'aire de protection intermédiaire virologique. La portion située à l'intérieur de l'aire de protection intermédiaire bactériologique (d'une superficie d'un peu plus de 1 km<sup>2</sup>) comprend un

petit élevage d'animaux (principalement des moutons, des bœufs, des alpagas et des poules) à des fins récréatives ainsi qu'une culture maraîchère de faible superficie. La portion située dans l'aire de protection intermédiaire virologique est principalement dédiée à la culture de céréales et est d'une superficie de 0,041 km<sup>2</sup>.

Les déjections des animaux présents dans l'aire de protection intermédiaire bactériologique pourraient être la source de contaminations bactériologiques, virologiques et par des nutriments nocifs en grande concentration. Cependant, le contexte hydrogéologique dans le secteur du puits fait en sorte que l'épaisseur de la couche de sol imperméable (silt argileux sur 73 m) vient assurer une excellente protection à l'aquifère capté. Il rend donc l'eau souterraine puisée très faiblement vulnérable aux sources de contamination.

## 2.1.2 Épandage de fertilisants et de produits phytosanitaires

### 2.1.2.1 Aires de protection intermédiaires

Trois entreprises agricoles sont présentes dans les aires de protection intermédiaire bactériologique et intermédiaire virologique, soit la ferme Filbaie inc (0,043 km<sup>2</sup>), la ferme du Gouffre (0,002 km<sup>2</sup>) et Pierre Tremblay (0,038 km<sup>2</sup>). Ces trois producteurs épandent du fumier solide ou liquide.

La ferme Filbaie inc. épand également des engrais azotés (46-0-0). Certaines molécules composées d'azote, plus précisément les nitrites et nitrates, sont toxiques pour les humains s'ils se trouvent en trop grande concentration dans l'eau de consommation. En effet, la consommation d'eau contenant des concentrations de nitrate de 5 mg/l peut entraîner d'importants problèmes respiratoires chez les bébés de moins de six mois, en raison d'un ralentissement du transport de l'oxygène entre leurs poumons et leurs tissus (MELCC, 2013). De plus, une consommation régulière et prolongée d'eau contenant une forte concentration en nitrates peut engendrer des problèmes de santé chez l'humain, notamment un risque élevé de cancer (Santé Canada, 2013).

La ferme du Gouffre épand du glyphosate et de l'Embutox. Le glyphosate est un herbicide systémique dont la demi-vie est relativement courte et qui n'est donc pas censé migrer dans les eaux souterraines d'approvisionnement. De plus, il est à noter que la chloration permettrait d'éliminer le glyphosate de l'eau (Gouvernement du Canada, 2015). Cela dit, l'eau du puits ne subit pas une forte chloration; on y ajoute seulement suffisamment de chlore pour qu'aucun problème ne se développe lors du transport de l'eau dans les tuyaux. L'Embutox est un pesticide qui n'est pas éliminé efficacement par les méthodes courantes de traitement de l'eau. Comme le glyphosate, il peut avoir plusieurs impacts négatifs sur la santé, comme des affections de la peau, des effets tératogènes (avortements spontanés, naissances prématurées, malformations, etc.), des affections au système immunitaire (tumeurs malignes du système lymphatique, sarcomes du tissu mou), des cancers et des leucémies (Gouvernement du Canada, 2009).

La vulnérabilité des eaux du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul a été évaluée comme très faible étant donné son contexte hydrogéologique. En effet, l'épaisse couche de sol imperméable (silt argileux sur 73 m) vient assurer une excellente protection à l'aquifère capté. Il rend donc l'eau souterraine puisée très faiblement vulnérable aux sources de contamination issus des fertilisants et des produits phytosanitaires utilisés dans un contexte agricole.

### 2.1.2.2 Aire de protection éloignée

Dans l'aire de protection éloignée, les activités d'épandage sont nombreuses (figure 1; tableau 1; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés).

Parmi les entreprises agricoles, 16 épandent du fumier solide (5,37 km<sup>2</sup>) et 13 producteurs épandent du fumier liquide (5,08 km<sup>2</sup>). On retrouve également quatre fosses à purin dans l'aire de protection éloignée. L'ensemble de celles-ci possèdent des murs bétonnés pour prévenir d'éventuelles fuites dans l'environnement et le sol. Les eaux de ruissellement provenant du milieu agricole peuvent donc contenir des microorganismes pouvant causer des maladies. Il est toutefois possible qu'une partie de ces eaux ruisselle vers le système hydrographique souterrain. Les activités agricoles comportent donc des risques de contamination bactériologique des eaux souterraines. Cela dit, la grande distance séparant la quasi-totalité de ces productions de la prise d'eau et la durée de vie limitée des coliformes fécaux font en sorte que le risque de contamination est limité. Concernant l'utilisation de pesticide dans l'aire de protection éloignée, une entreprise agricole épand du glyphosate (0,953 km<sup>2</sup>), et une autre de l'Embutox (0,537 km<sup>2</sup>).

### 2.1.3 Réservoirs d'hydrocarbures

L'ensemble des réservoirs d'hydrocarbures répertoriés en lien avec les activités agricoles dans l'aire d'alimentation de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul se trouvent dans l'aire de protection éloignée du bassin versant de la prise d'eau potable. Au total, 12 entreprises et propriétaires se partagent 30 réservoirs d'hydrocarbures, soit d'essence, de diesel ou de propane (figure 1; Figure 2; tableau 2; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). La grande majorité des sites d'entreposage de réservoirs sont dotés d'éléments de rétention (socle en béton, protection anti-flammes, etc.), mais 12 réservoirs n'en sont pas équipés, ce qui correspond à plus de 30% de la totalité des sites. Finalement, il est important de noter que trois réservoirs contiennent une quantité d'hydrocarbure liquide supérieure à 4000 litres (deux de diesel et un d'essence). Ceux-ci devraient être inspectés fréquemment afin d'éviter un déversement majeur qui pourrait affecter la qualité de l'environnement et potentiellement la réserve d'eau potable de la Ville en la contaminant par des hydrocarbures.

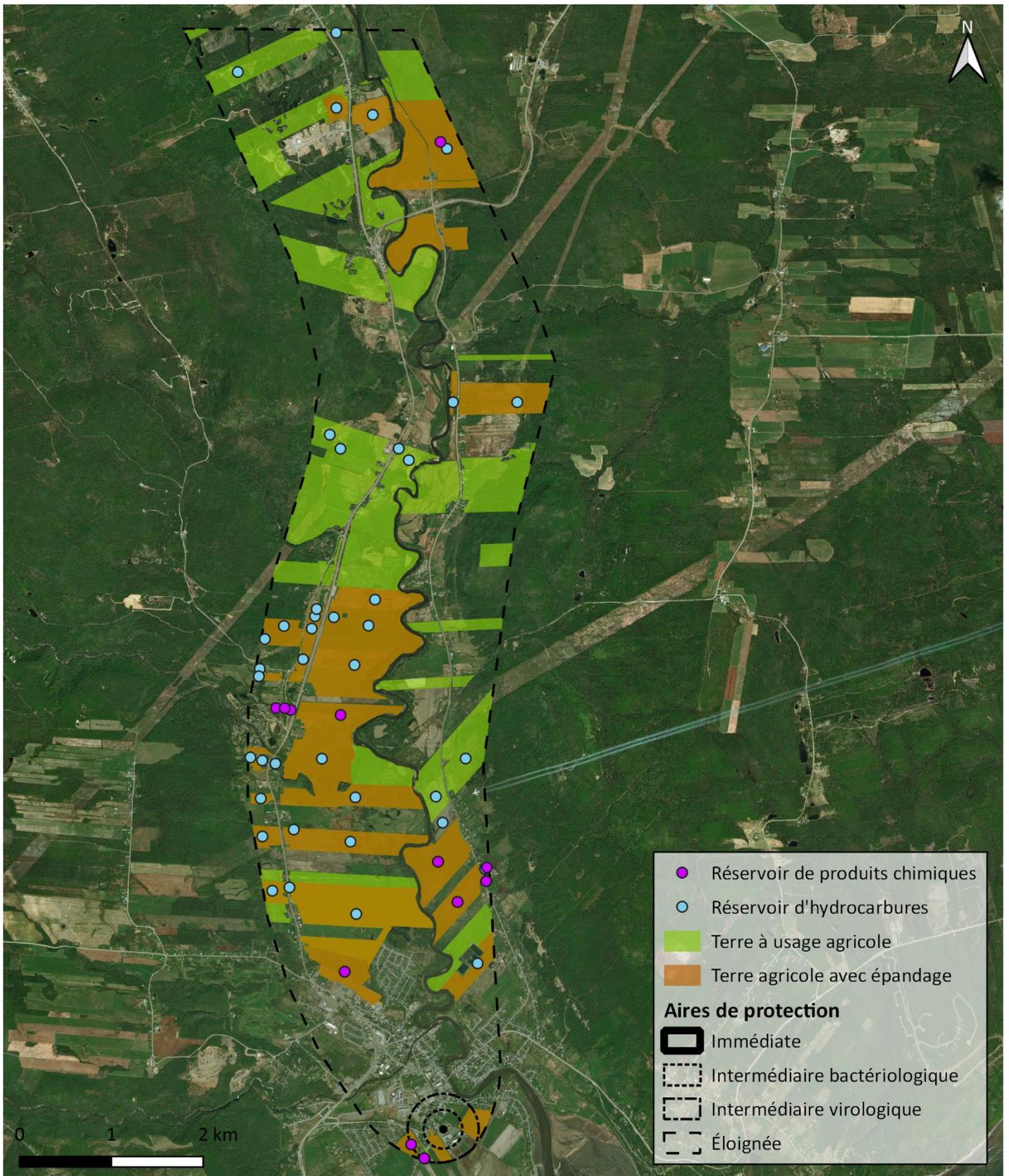


Figure 1. Activités agricoles et localisation de réservoirs d'hydrocarbures et de produits chimiques dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (MRC de Charlevoix, 2020; Bing, 2021; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Les points localisant les réservoirs identifient le centroïde du terrain concerné et non la localisation exacte du réservoir.

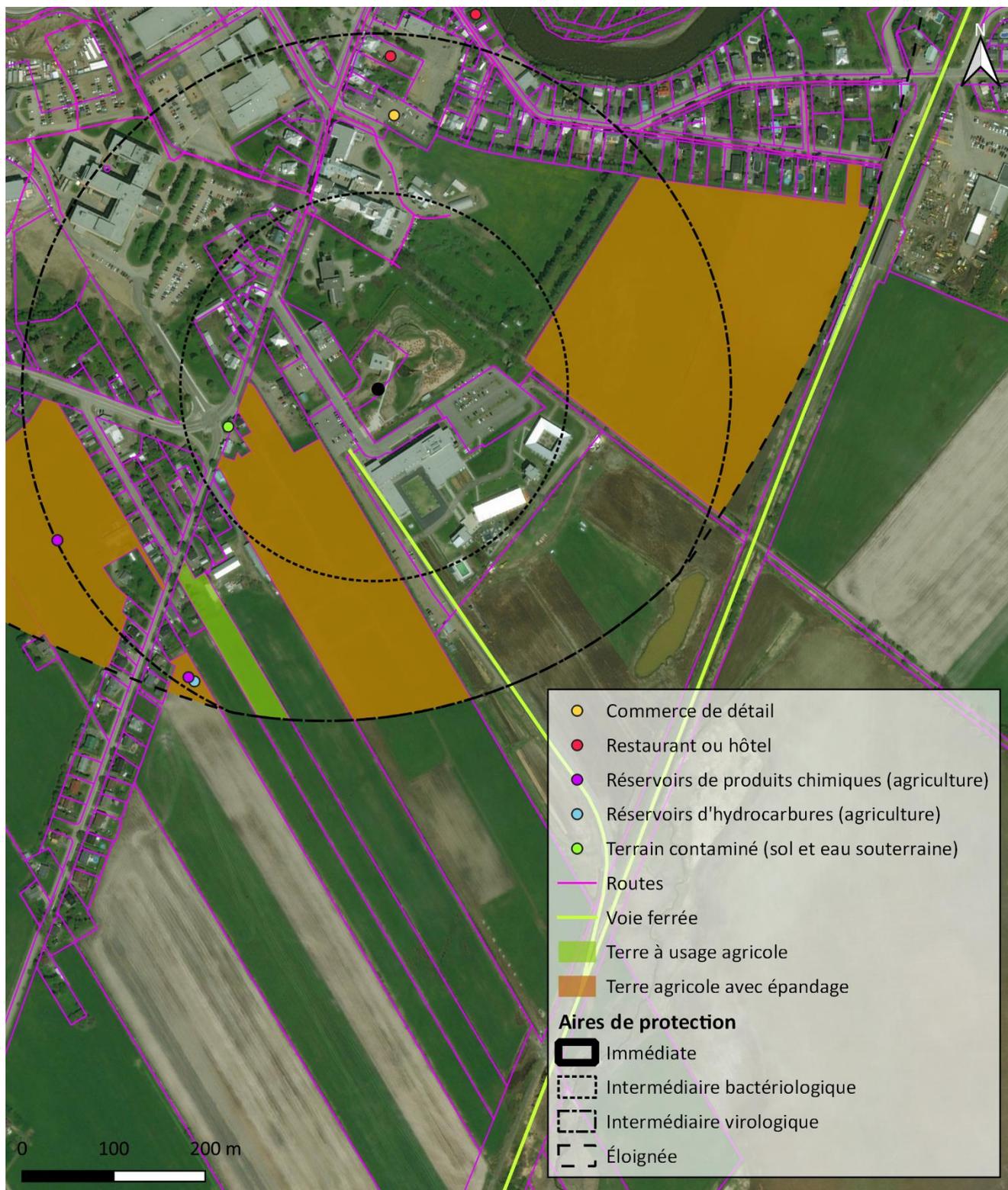


Figure 2. Commerce de détail, restaurant ou hôtel, activités agricoles, routes et voie ferrée dans les aires de protection immédiate et intermédiaires du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (Gouvernement du Québec, 2010; Gouvernement du Québec, 2020; MRC de Charlevoix, 2020; Bing, 2021; OBV-CM, 2021; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Les points localisant les réservoirs identifient le centroïde du terrain concerné et non la localisation exacte du réservoir.

**Tableau 1. Entreprises agricoles effectuant de l'épandage dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés).**

Nom de l'entreprise / Propriétaire	Municipalité	Aire de protection	Substance épandue	Superficie du terrain (km <sup>2</sup> )	Présence de fosse?	Mesures de rétention de la fosse
Ferme Filbaie Inc.	Baie-Saint-Paul	Intermédiaire bactériologique et virologique	Fumier solide	0,090	Non	N/A
Pierre Tremblay	Baie-Saint-Paul	Intermédiaire virologique	Fumier liquide Fumier solide	0,038	Non	N/A
Ferme du Gouffre	Baie-Saint-Paul	Intermédiaire virologique	Fumier liquide Glyphosate Embutox	0,002	Non	N/A
La Laiterie Charlevoix	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier liquide Fumier solide	0,432	Non	N/A
Les viandes biologiques de Charlevoix	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,547	Non	La fosse à fumier solide est bétonnée et équipée de joints d'étanchéité.
	Saint-Urbain			0,192	Oui	
Maurice Dufour	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,334	Non	N/A
Ferme du Gouffre	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier liquide	0,537	Oui	La fosse à purin est bétonnée.
			Glyphosate			
			Embutox			
Ferme Filbaie Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,090	Non	N/A
Ferme La Rémy S.E.N.C.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,729	Non	N/A
			Fumier liquide			
Ferme Lombrette Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,824	Oui	La fosse à purin est bétonnée.
			Fumier liquide			
Jean Fortin	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,261	Non	N/A
			Fumier liquide			
Robert Fortin	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,009	Non	N/A
Pierre Gauthier	Saint-Urbain	Éloignée	Fumier solide	0,247	Non	N/A
			Fumier liquide			

Gestion Jean-Pierre Tremblay Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier liquide	0,230	Oui	La fosse à purin est bétonnée.
La ferme Pérou Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,215	Non	N/A
			Fumier liquide			
			Glyphosate			
Michel Page	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,122	Non	N/A
Pierre du Moulin Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,384	Non	N/A
			Fumier liquide			
Alain Simard	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,331	Non	N/A
			Fumier liquide			
Rémy Simard	Saint-Urbain	Éloignée	Fumier solide	0,101	Non	N/A
			Fumier liquide			
Sylvain Simard	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,352	Non	N/A
Simon Gagnon	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier solide	0,201	Non	N/A
			Fumier liquide			
			Glyphosate			
Ferme du Cran Blanc	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Fumier liquide	0,586	Non	N/A
			Azote 46-0-0			

**Tableau 2. Entreprises agricoles possédant un réservoir d'hydrocarbures dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés).**

Nom de l'entreprise/ Propriétaire	Municipalité	Aire de protection	Type(s) d'hydrocarbures	Nombre et volume des réservoirs	Mesures de rétention
Maison d'affinage M. Dufour Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Essence	1 réservoir de 1892 litres	Le réservoir est placé sur une dalle de béton.
			Propane	8 réservoirs (1 x 2000 lbs; 4 x 100 lbs et 3 x 420 lbs)	Aucune
Alain Simard	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Essence	1 réservoir de 250 litres	Le réservoir est placé sur une dalle de béton.
Sylvain Simard	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Diesel	1 réservoir de 500 litres	Le réservoir de diesel est placé dans une grange.
Robert Fortin	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Diesel	1 réservoir de 500 litres	Le réservoir est placé sur une dalle de béton dans un bâtiment.
Les viandes biologiques de Charlevoix	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Diesel coloré	1 réservoir de 2500 litres	Aucune
	Saint-Urbain	Éloignée	Diesel coloré	1 réservoir de 3000 litres	Aucune
Ferme Lombrette Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Diesel	1 réservoir de 5000 litres	Les réservoirs sont placés sur une dalle de béton et équipés d'une protection anti-flammes.
			Propane	1 réservoir de 4500 litres	
La ferme Pérou Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Essence	1 réservoir de 4500 litres	Les réservoirs sont placés sur une dalle de béton.
			Diesel	1 réservoir de 750 litres	
Éric Gauthier	Saint-Urbain	Éloignée	Diesel	1 réservoir de 700 litres	Aucune
La Laiterie Charlevoix	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	1 réservoir de 2000 litres	Aucune
Gestion Jean-Pierre Tremblay Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Diesel	1 réservoir de 1300 litres	Tous les réservoirs sont placés sur une dalle de béton.
			Essence	1 réservoir de 1300 litres	
			Propane	3 réservoirs (1 x 1000 lbs; 1 x 500 lbs et 1 x 100 lbs)	
Ferme La Rémy S.E.N.C.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Essence	2 réservoirs de 2500 litres	Les réservoirs sont placés sur une dalle de béton.
Ferme du Gouffre	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Diesel	3 réservoirs de 1892 litres	Tous les réservoirs sont placés sur une dalle de béton.

## 2.2 FORESTERIE

On ne retrouve aucun secteur voué à l'exploitation forestière dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (MRC de Charlevoix, 2020). Il est cependant possible que quelques petits producteurs privés, entre autres des producteurs agricoles, prélèvent des volumes de bois en-deçà du minimum requérant l'obtention d'un permis. Un tel volume d'exploitation forestière n'a vraisemblablement pas d'impact notable sur le fonctionnement de la prise d'eau potable de la Ville, surtout considérant qu'il s'appliquerait à l'aire de protection éloignée.

## 2.3 USAGES INDUSTRIELS

### 2.3.1 Garages, concessionnaires automobiles et stations-services

L'ensemble des garages, des concessionnaires automobiles et des stations-service de la ville de Baie-Saint-Paul et de Saint-Urbain possédant des réservoirs d'hydrocarbure et de produits chimiques se retrouvent dans l'aire de protection éloignée de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul. Au total, 14 entreprises se partagent 64 réservoirs d'hydrocarbures ainsi que cinq réservoirs d'autres produits chimiques (tableau 3; figure 3; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Tous ces contaminants pourraient engendrer des problèmes pour la santé si une fuite des réservoirs menait à la contamination de la réserve d'eau potable. Cependant, étant donné son contexte hydrogéologique, il y a de faibles probabilités que ces produits se rendent à la nappe d'eau souterraine puisée par le puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul.

Parmi ces réservoirs, neuf contiennent de l'essence. Huit d'entre eux possèdent une capacité supérieure à 1 000 litres; la capacité du neuvième est inconnue. Quatre de ces réservoirs appartiennent à des stations-services et contiennent plus de 30 000 litres d'essence. Plusieurs mesures de rétention strictes (double paroi, anode anti-corrosion) ont été mises en place autour de ces réservoirs souterrains afin de réduire les risques de déversement associés à leur grande capacité.

En ce qui concerne le diesel, sept réservoirs de 1 000 litres et plus sont répartis sur le territoire. La station-service Irving est celle qui possède le plus gros réservoir de diesel (27 000 litres).

On retrouve également dans le bassin éloigné de la prise d'eau 16 réservoirs d'huile neuve et usée d'une capacité de 1 000 litres et plus ainsi que 12 réservoirs de moins de 1 000 litres de la même substance. De plus, 18 réservoirs de propane sont répartis sur le territoire, dont cinq possèdent une capacité de plus de 1000 litres. Parmi ces entreprises, une seule n'a pas mis de mesures de rétention en place. Il s'agit du Garage Bernard Bouchard Inc., situé à Baie-Saint-Paul, qui détient un réservoir de 1 000 litres d'huile à chauffage et un réservoir de 5 000 lbs de propane.

**Tableau 3. Garages, concessionnaires automobiles et stations-services possédant un réservoir d'hydrocarbures et d'autres produits chimiques dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés).**

Nom de l'entreprise	Municipalité	Aire de protection	Type(s) d'hydrocarbures	Nombre et volume des réservoirs	Autre(s) type(s) de produits chimiques	Nombre et volume des réservoirs	Mesures de rétention
Atelier Mécanique Dufour	Saint-Urbain	Éloignée	Essence	1 réservoir de 1 892 l	Urée	1 réservoir de 250 l	Les réservoirs d'huile sont localisés à l'intérieur d'un bâtiment et tous les réservoirs possèdent une paroi double.
			Diesel	1 réservoir de 5 000 l			
			Huile usée	1 réservoir de 1 000 l			
			Huile neuve	1 réservoir de 1 000 l			
Baie-Saint-Paul Chrysler Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Huile neuve	1 réservoir de 800 l	Aucun	Aucun	Le réservoir d'huile usée est placé sur une plateforme de béton et est équipé d'un bac de rétention en cas de fuite. Les réservoirs de propane sont placés sur une plateforme de béton et sont équipés de valves de sécurité.
			Huile usée	1 réservoir de 1 000 l			
			Propane	6 réservoirs de 450 l			
Charlevoix Automobiles Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Huile neuve	2 réservoirs de 800 l	Anti-rouille	1 réservoir de 170 l	Les réservoirs d'huile possèdent une paroi double et sont localisés à l'intérieur d'un bâtiment. Les réservoirs de propane sont placés sur une plateforme de béton.
			Huile usée	2 réservoirs de 1 100 l			
			Propane	2 réservoirs de 450 l			
Croft Transport et Logistique	Saint-Urbain	Éloignée	Essence	1 réservoir de 1000 l	Aucun	Aucun	Les réservoirs sont tous placés sur une plateforme de béton. Tous les réservoirs à l'exception de celui de propane possèdent une paroi double.
			Diesel	2 réservoirs de 4000 l			
			Huile neuve	1 réservoir de 1000 l			
			Huile usée	1 réservoir de 1000 l			
			Propane	1 réservoir de 500 lbs			
Garage A. Côté Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Essence	2 réservoirs de 45 000 l	Aucun	Aucun	Les réservoirs d'essence sont souterrains, possèdent une paroi double et sont équipés d'une anode anti-corrosion.
			Huile usée	1 réservoir de 1000 l			
Garage Bernard Bouchard Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Huile à chauffage	1 réservoir de 1000 l	Aucun	Aucun	Aucune
			Propane	1 réservoir de 5000 l			
		Éloignée	Huile neuve	4 réservoirs de 1100 l	Aucun	Aucun	

Garage Charlevoix Inc.	Baie-Saint-Paul		Huile usée	1 réservoir de 2000 l			Les réservoirs d'huile sont localisés à l'intérieur d'un bâtiment et les réservoirs de propane sont placés sur une plateforme de béton.
			Propane	4 réservoirs de 400 lbs			
Hyundai Charlevoix Jean-Roch Thibeault	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Essence	2 réservoirs de 30 000 l	Aucun	Aucun	Les réservoirs à essence sont souterrains et sont équipés d'une anode anti-corrosion. Le réservoir de propane est placé sur une plateforme de béton et entouré de béton. Les réservoirs d'huile possèdent une paroi double.
			Diesel	1 réservoir de 1000 l			
			Huile neuve	1 réservoir de 2000 l			
			Huile usée	1 réservoir de 2000 l			
			Propane	1 réservoir de 10 000 l			
Gestion Pro-Cat Inc.	Saint-Urbain	Éloignée	Huile usée	3 réservoirs (2 x 800 litres et 1 x 500 litres)	Aucun	Aucun	Tous les réservoirs possèdent une paroi double. Le plus petit réservoir d'huile usée est à localisé à l'extérieur et placé sur une plateforme de béton.
			Mazout	1 réservoir de 800 l			
Irving	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Essence	1 réservoir de 50 000 l	Aucun	Aucun	Tous les réservoirs sont souterrains, possèdent une paroi double et équipés d'une anode anti-corrosion.
			Diesel	1 réservoir de 27 000 l			
			Suprême	1 réservoir de 27 000 l			
Petro-Canada	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Essence	Inconnu	Aucun	Aucun	Les bonbonnes sont placées dans une cage barrée.
			Propane	18 bonbonnes de 22 l			
Simard suspension Inc.	Baie-Saint-Paul (rang Saint-Laurent)	Éloignée	Propane	1 réservoir de 10 000 l	Aucun	Aucun	Le réservoir est placé sur une plateforme de béton et entouré de poteaux.
Simard suspension Inc.	Baie-Saint-Paul (boulevard Monseigneur-de-Laval)	Éloignée	Diesel	1 réservoir de 2000 l	Peinture	3 réservoirs de 170 l	Les réservoirs d'huile et de peinture possèdent une paroi double. Les réservoirs de propane et de diesel sont placés sur une plateforme de béton.
			Huile neuve	1 réservoir de 2000 l			
			Huile usée	3 réservoirs de 170 l			
			Propane	2 réservoirs de 10 000 l			
Garage municipal	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Essence	1 réservoir de 4600 l	Fertilisant aux fèves de soya	7 bidons de 18 l	Les réservoirs d'huile possèdent une paroi double. Tous les réservoirs sont placés sur une plateforme de béton.
			Diesel	1 réservoir de 4600 l			
			Huile usée	1 réservoir de 475 l			
			Huile neuve	1 réservoir de 400 l			
			Huile à chauffage	1 réservoir de 2270 l			
			Huile hydraulique	1 réservoir de 400 l			

### 2.3.2 Usines et industries

On recense 14 réservoirs d'hydrocarbures et d'autres produits chimiques répartis dans 3 entreprises industrielles, qui sont toutes localisées dans l'aire de protection éloignée du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (tableau 3; figure 3; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). En plus d'hydrocarbures, on retrouve des réservoirs d'adjuvant à béton, d'acide nitrique et de soude caustique, des produits qui peuvent tous être éliminés par un processus standard de traitement de l'eau potable. Des mesures de rétention ont été mises en place autour de tous ces réservoirs, ce qui réduit les possibilités que ces produits se retrouvent dans l'environnement et limite leur impact potentiel sur l'eau souterraine.

Deux sablières actives sont présentes dans l'aire de protection éloignée de puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (figure 3; Dufour, 2021, comm. pers.). L'une est située au nord de Baie-Saint-Paul et est exploitée par l'entreprise Aurel Harvey et fils. L'autre est située dans le parc industriel de Saint-Urbain et est exploitée par la Ferme Duchesne-Lajoie. La localisation du site d'extraction a changé il y a quelques années à la demande du ministère lors du renouvellement du permis d'extraction. Ce changement de localisation visait à éloigner le site de la prise d'eau potable de la Municipalité de Saint-Urbain. L'ancien site d'exploitation a été revégétalisé, mais le couvert végétal est pour l'instant très limité.

Les activités qui se dérouleront sur le site de l'ancienne sablière pourraient avoir un impact sur la qualité de l'eau souterraine dans le secteur. En effet, la couche de sable qui agissait comme filtre des eaux avant que celles-ci ne rejoignent la nappe, a été retirée au cours de la période d'exploitation. Les eaux souterraines sont donc plus fragiles à la contamination dans ces secteurs. De même, si un accident ou un déversement accidentel se produisait dans les sablières en activité, les risques de contamination de l'eau souterraine seraient plus élevés.

#### 2.3.2.1 Parc industriel

Un parc industriel se trouve à l'entrée de la municipalité de Saint-Urbain, dans l'aire de protection éloignée du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul. Le parc abrite 17 entreprises et couvre une surface de 27 hectares. Les surfaces imperméables contribuent à augmenter le ruissellement de surface et diminuent la capacité de rétention du sol. Ceci contribue à diminuer les quantités d'eau de recharge de la nappe phréatique et des aquifères. Cependant, les superficies imperméabilisées dans ce secteur ne sont pas suffisantes pour que leur impact soit préoccupant.

**Tableau 4. Usines et industries possédant des réservoirs d'hydrocarbures et d'autres produits chimiques dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés).**

Nom de l'entreprise	Municipalité	Aire de protection	Type(s) d'hydrocarbures	Nombre et volume des réservoirs	Autre type de produits chimiques	Nombre et volume des réservoirs	Mesures de rétention
BFCO Inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	1 réservoir de 2000 l	Aucun	Aucun	Le réservoir de propane est placé sur une plateforme de béton.
Béton Provincial	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Diesel	1 réservoir de 4000 l	Adjuvant à béton	4 réservoirs de 1 000 l	Les réservoirs d'adjuvant sont placés dans un bassin de rétention en béton. Les réservoirs d'huile et le réservoir à essence sont également placés sur une plateforme de béton.
			Huile neuve	1 réservoir de 1 000 l			
			Huile usée	1 réservoir de 800 l			
			Propane	2 réservoirs de 100 lbs			
Microbrasserie Charlevoix (usine de production)	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	1 réservoir de 5000 l	Acide nitrique	1 réservoir de 170 l	Les réservoirs de propane et de CO <sub>2</sub> sont placés sur une plateforme de béton.
			CO <sub>2</sub>	1 réservoir de 2500 l	Soude caustique	1 réservoir de 170 l	

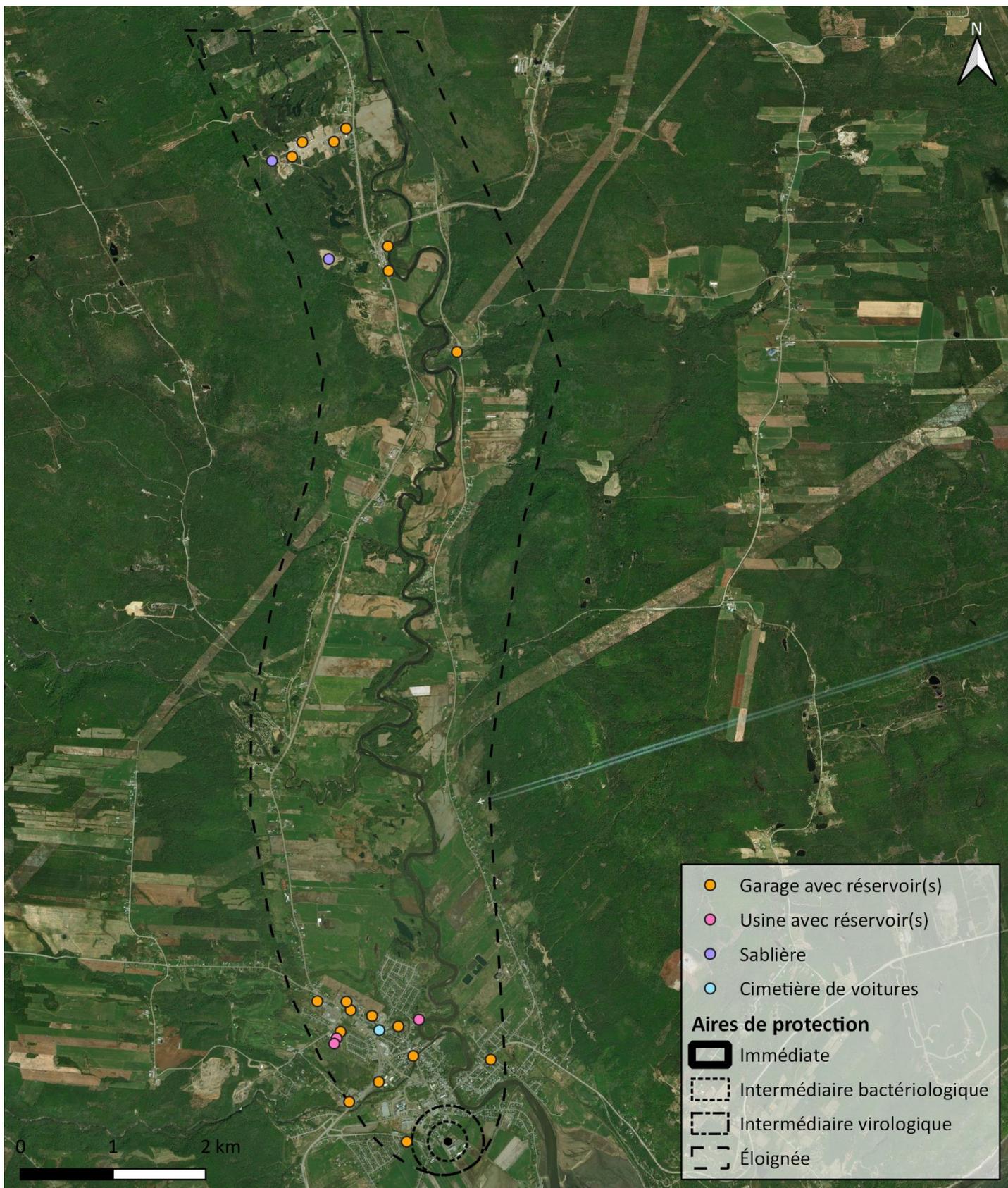


Figure 3. Usages industriels dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (Bing, 2021; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Les points localisant les réservoirs identifient le centroïde du terrain concerné et non la localisation exacte du réservoir.

En 2020, la Municipalité de Saint-Urbain a proposé un projet d'agrandissement du parc industriel. Ce dernier verrait sa surface presque doublée (passant de 27 à 45 hectares) avec un ajout de 15 nouveaux terrains (Desgagnés, 2019). Cet agrandissement entraînerait probablement une augmentation du nombre de réservoirs d'hydrocarbures et de produits chimiques entreposés dans le secteur et, par conséquent, les risques qui y sont associés. Au moment de la remise de ce rapport, en février 2020, la demande d'agrandissement du parc industriel suivait toujours son cours (Tremblay, 2020).

### 2.3.3 Cimetière de voitures

Aucun cimetière de voitures officiel n'a été répertorié dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul. Cependant, le garage Centre de L'Auto, situé sur la rue Saint Jean Baptiste, dans l'aire de protection éloignée, possédait plusieurs carcasses automobiles au moment de l'inventaire des activités anthropiques, à l'été 2020 (figure 3). Ces carcasses peuvent contenir des hydrocarbures comme de l'huile à moteur, de l'essence et du diesel, qui pourraient s'infiltrer et contaminer les eaux souterraines en cas de fuite.

## 2.4 COMMERCE DE DÉTAIL

Le commerce Écotone P. N. Gariépy se situe à Baie-Saint-Paul, dans l'aire de protection intermédiaire virologique de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (figure 4; figure 2; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). On y retrouve un réservoir de propane de 7 500 lbs. Ce dernier est placé sur une dalle de béton et entouré de poteaux, ce qui limite les risques de fuites et les impacts potentiels avec des véhicules. De plus, les déversements de propane ont peu d'impact sur l'environnement. En effet, lors d'une fuite, le propane se transforme en vapeur et se dissipe facilement dans l'atmosphère (Association canadienne du propane, 2012). Il ne coule donc pas sur le sol comme le ferait un liquide. Le réservoir et son contenu ne risquent ainsi pas d'avoir un impact sur la qualité de l'eau prélevée par la Ville de Baie-Saint-Paul, particulièrement considérant son faible volume et la distance le séparant du puits. Un entretien fréquent de l'infrastructure est cependant recommandé en raison de la proximité du réservoir avec la prise d'eau potable. Aucun protocole particulier n'est mis en place en cas de fuite.

## 2.5 RESTAURANTS ET HÔTELS

Un restaurant situé dans l'aire intermédiaire virologique de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul, L'Orange Bistro, possède un réservoir d'hydrocarbures (figure 4 ; figure 2). Ce commerce possède un réservoir de propane de 10 000 litres. Ce dernier repose cependant sur un socle de béton et est équipé d'une valve de sécurité, ce qui limite les risques de contamination de la source d'eau souterraine.

Un total de 15 restaurants et hôtels supplémentaires situés dans l'aire de protection éloignée possède également des réservoirs d'hydrocarbures et de produits chimiques. Ces entreprises se partagent 50 réservoirs (figure 4 ; tableau 5; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Il s'agit principalement de réservoirs de propane (33 réservoirs, dont six ont une capacité supérieure à 1000 litres)

et d'huile à cuisson usée (14 réservoirs, qui ont tous une capacité inférieure à 1 000 litres). Les hydrocarbures peuvent avoir un impact néfaste sur la santé humaine s'ils contaminent l'eau vouée à la consommation.

On retrouve également un réservoir de CO<sub>2</sub>, un réservoir de réducteur de pH et un réservoir de chlore. Ces deux derniers sont utilisés pour l'entretien de spas et sont entreposés à l'intérieur d'un bâtiment. Il est à noter que toutes les entreprises contactées ont équipé leurs réservoirs de mesures de rétention en cas de déversement. De plus, le faible volume du réservoir de réducteur de pH et l'important volatilité du chlore limitent les risques que ces substances contaminent la réserve d'eau potable de la Ville de Baie-Saint-Paul.

## 2.6 GOLF

Une petite partie du Golf Le Loup se situe à Baie-Saint-Paul, dans l'aire de protection éloignée de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (figure 4; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). On y retrouve un réservoir de diesel de 1 250 litres et deux réservoirs d'essence de 1 250 litres et 750 litres. Le golf possède également un volume inconnu de pesticides non identifiés. Ces produits sont entreposés dans une armoire équipée d'un bassin de rétention. Les produits épandus sur le golf pourraient éventuellement contaminer le puits à l'étude, mais la distance séparant le golf de la prise d'eau et la très faible vulnérabilité du puits limitent grandement ce risque.

En vertu de l'article 73 du Code de gestion des pesticides, les propriétaires de terrains de golf sont tenus de transmettre au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) un plan de réduction des pesticides signé par un agronome et ce, tous les trois ans. En effet, selon les données du Bilan des plans de réduction des pesticides sur les terrains de golf pendant la période 2012-2014 (MELCC, 2016), l'utilisation des pesticides dans ce secteur étaient très importants. Il y avait en moyenne une application de 4,2 kg d'ingrédients actifs par hectare de terrain de golf. Parmi ces ingrédients actifs, les plus utilisés étaient les fongicides (chlorothalonil, huile minérale et iprodione), suivis de l'herbicide 2,4-D et d'un insecticide de type néonicotinoïde (imidaclopride) (MELCC, 2016). Les pesticides sont des produits toxiques pour les organismes non-désirés mais également pour les espèces non visées, y compris l'être humain. Leur application présente donc des risques d'exposition de la population et des risques de contamination de l'environnement et dans certains cas, de l'eau potable.

## 2.7 COOPÉRATIVE FUNÉRAIRE

La Coopérative Funéraire Charlevoix-Ouest se situe à Baie-Saint-Paul, dans l'aire de protection éloignée de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (figure 4; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). On y retrouve deux réservoirs de propane de 250 lbs chacun. Aucune mesure de rétention n'a été répertoriée. Étant donné le relativement faible volume de ces réservoirs, la distance les séparant de la prise d'eau à l'étude et la très faible vulnérabilité de la nappe d'eau où est puisée l'eau potable, il est peu probable que leur présence ait un impact sur la qualité de l'eau prélevée par la Ville de Baie-Saint-Paul.

## 2.8 CIMETIÈRE

Un cimetière est présent dans l'aire de protection éloignée du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (figure 4; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Les cimetières peuvent causer un risque de contamination des sources d'eau souterraines. Les principaux contaminants sont les nitrates et les nitrites qui sont libérés lors de la décomposition du corps, les microorganismes pathogènes ainsi que le formaldéhyde utilisé lors du processus d'embaumement. Des études effectuées en laboratoire montrent que l'ingestion de formaldéhyde peut, entre autres provoquer des tumeurs (cancéreuses ou non) et la nécrose des tissus du système gastro-intestinal (Bordeleau *et al.*, 2008). Ces effets sont cependant limités par la distance séparant le cimetière de la prise d'eau potable à l'étude et sa faible vulnérabilité.

## 2.9 TERRAINS CONTAMINÉS

Selon le répertoire des terrains contaminés du MELCC (Gouvernement du Québec, 2020), le territoire compris dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul compte dix terrains contaminés réhabilités (figure 5; figure 2). Un seul se retrouve dans l'aire de protection intermédiaire bactériologique et sa réhabilitation a été complétée en 2009. Il est situé près du 83, rue Ambroise-Fafard. Il s'agissait d'une contamination du sol et de l'eau souterraine par des hydrocarbures.

Il est possible que ce terrain contaminé ait eu un impact sur la qualité de l'eau souterraine sans avoir atteint la nappe d'eau prélevée par le puits. Il demeure donc important d'effectuer la décontamination des sites le plus rapidement possible, particulièrement si les contaminations surviennent dans les aires de protection intermédiaire bactériologique et intermédiaire virologique.

Les neuf autres terrains contaminés réhabilités sont situés dans l'aire de protection éloignée du puits. Il s'agissait principalement de contaminations par des hydrocarbures pétroliers, des benzènes et des éthylbenzènes. Ces neuf sites concernaient une contamination restreinte au sol.

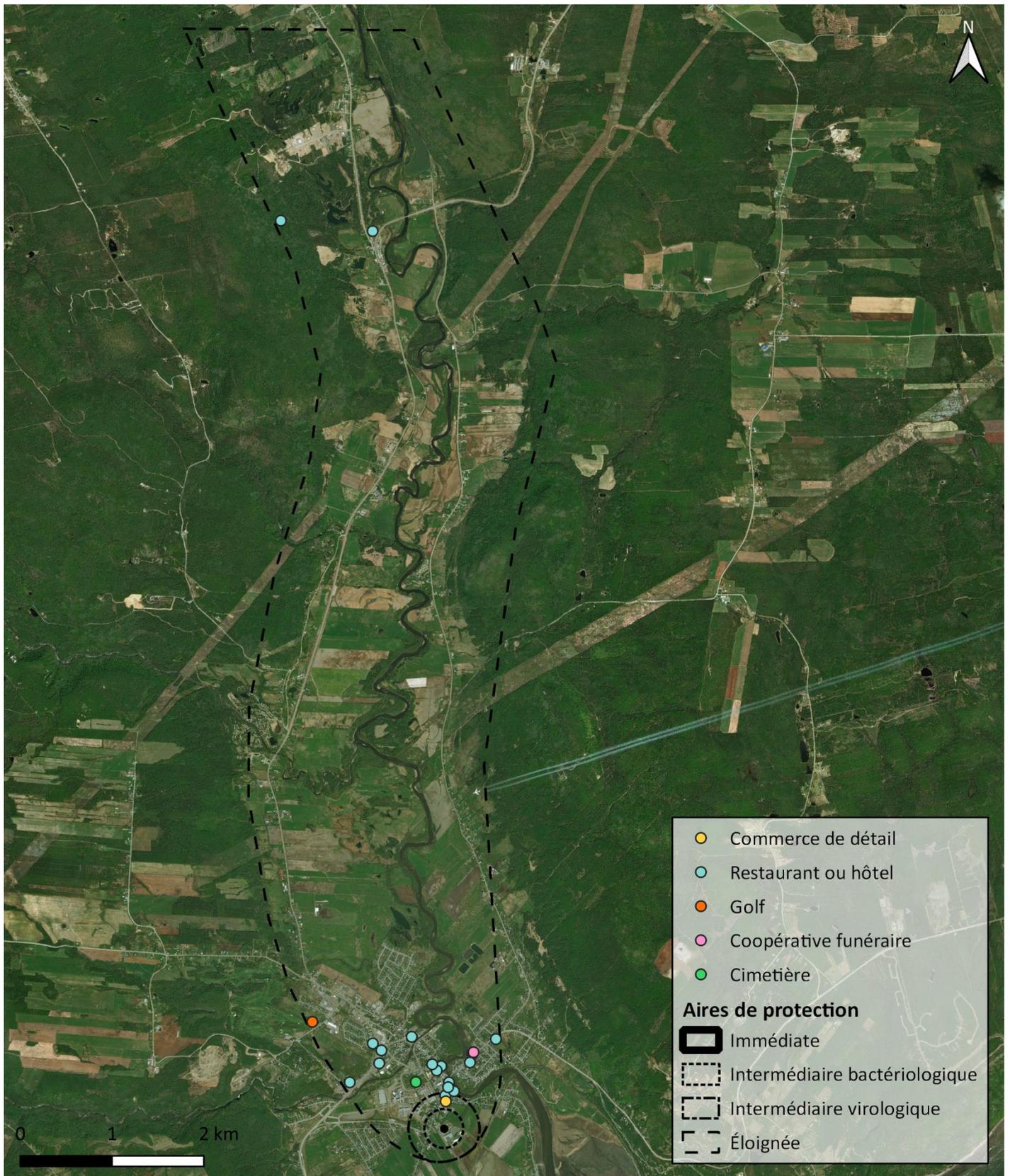


Figure 4. Commerce de détail, restaurants, hôtels, golf, coopérative funéraire et cimetière dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (Bing, 2021; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés). Les points localisant les réservoirs identifient le centroïde du terrain concerné et non la localisation exacte du réservoir.

Tableau 5. Restaurants et hôtels possédant des réservoirs d'hydrocarbures et d'autres produits chimiques dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul (voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés).

Nom de l'entreprise	Municipalité	Aire de protection	Type(s) d'hydrocarbure	Nombre et volume	Autre(s) type(s) de produits chimiques	Nombre et volume	Mesures de rétentions
Orange Bistro	Baie-Saint-Paul	Intermédiaire virologique	Propane	1 réservoir de 10 000 lbs	Aucun	Aucun	Le réservoir est placé sur une plateforme de béton et est équipé d'une valve de sécurité.
Al Dente inc.	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	2 réservoirs de 400 lbs	Aucun	Aucun	Les réservoirs sont placés sur une plateforme de béton.
Boutique culinaire les deux sœurs	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	1 réservoir de 250 lbs	Aucun	Aucun	Le réservoir est placé sur une plateforme de béton.
Chez Laurent	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	1 réservoir de 5000 lbs	Aucun	Aucun	Le réservoir de propane est placé sur une plateforme de béton et muni d'une valve de sécurité.
			Huile à cuisson usée	2 réservoirs de 170 l			
Chez Pineault	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	2 réservoirs de 250 lbs	Acide	3 bidons de 4 l	Les réservoirs propane sont placés sur une plateforme de béton.
Hôtel La grande maison	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	3 réservoirs de 250 lbs	Chlore	1 réservoir de 75 l	Les réservoirs sont placés sur de l'asphalte. Les produits chimiques sont utilisés pour l'entretien de spas.
					Réducteur de pH	1 réservoir de 75 l	
Le Diapason	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	2 réservoirs (1 x 420 lbs et 1 x 100 lbs)	Aucun	Aucun	Les réservoirs sont sur placés sur de l'asphalte.
			Huile à cuisson usée	2 réservoirs de 170 l			
Le Rond-point	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	2 réservoirs de 200 l	Aucun	Aucun	Les réservoirs placés sur une plateforme de béton.
			Huile à cuisson usée	3 réservoirs de 200 l			
McDonald's	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	1 réservoir de 5000 lbs	Aucun	Aucun	Le réservoir de propane est placé sur une plateforme de béton.
			Huile à cuisson usée	1 réservoir de 250 l			
			CO <sub>2</sub>	1 réservoir de 100 l			
La Maison Otis	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	1 réservoir de 10 000 lbs	Aucun	Aucun	Le réservoir de propane est placé sur une plateforme de béton.
Mikes	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	6 réservoirs de 450 lbs	Aucun	Aucun	Les réservoirs de propane sont entourés de béton.
			Huile à cuisson usée	1 réservoir de 150 l			

Mouton noir	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	3 réservoirs de 200 lbs	Aucun	Aucun	Les réservoirs sont placés sur une plateforme de béton.
			Huile à cuisson usée	2 réservoirs de 200 l			
Petit Régat	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	1 réservoir de 2000 lbs	Aucun	Aucun	Le réservoir de propane est placé sur une plateforme de béton.
			Huile à cuisson usée	1 réservoir de 250 l			
Le Gourmet	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	1 réservoir de 10 000 lbs	Aucun	Aucun	Le réservoir de propane est placé sur une plateforme de béton et est équipé d'une valve de sécurité.
			Huile à cuisson usée	1 réservoir de 170 l			
Le Saint-Pub	Baie-Saint-Paul	Éloignée	Propane	6 réservoirs de 250 lbs	Aucun	Aucun	Les réservoirs de propane sont placés sur une plateforme de béton et entourés de béton.
			Huile à cuisson usée	1 réservoir de 500 l			

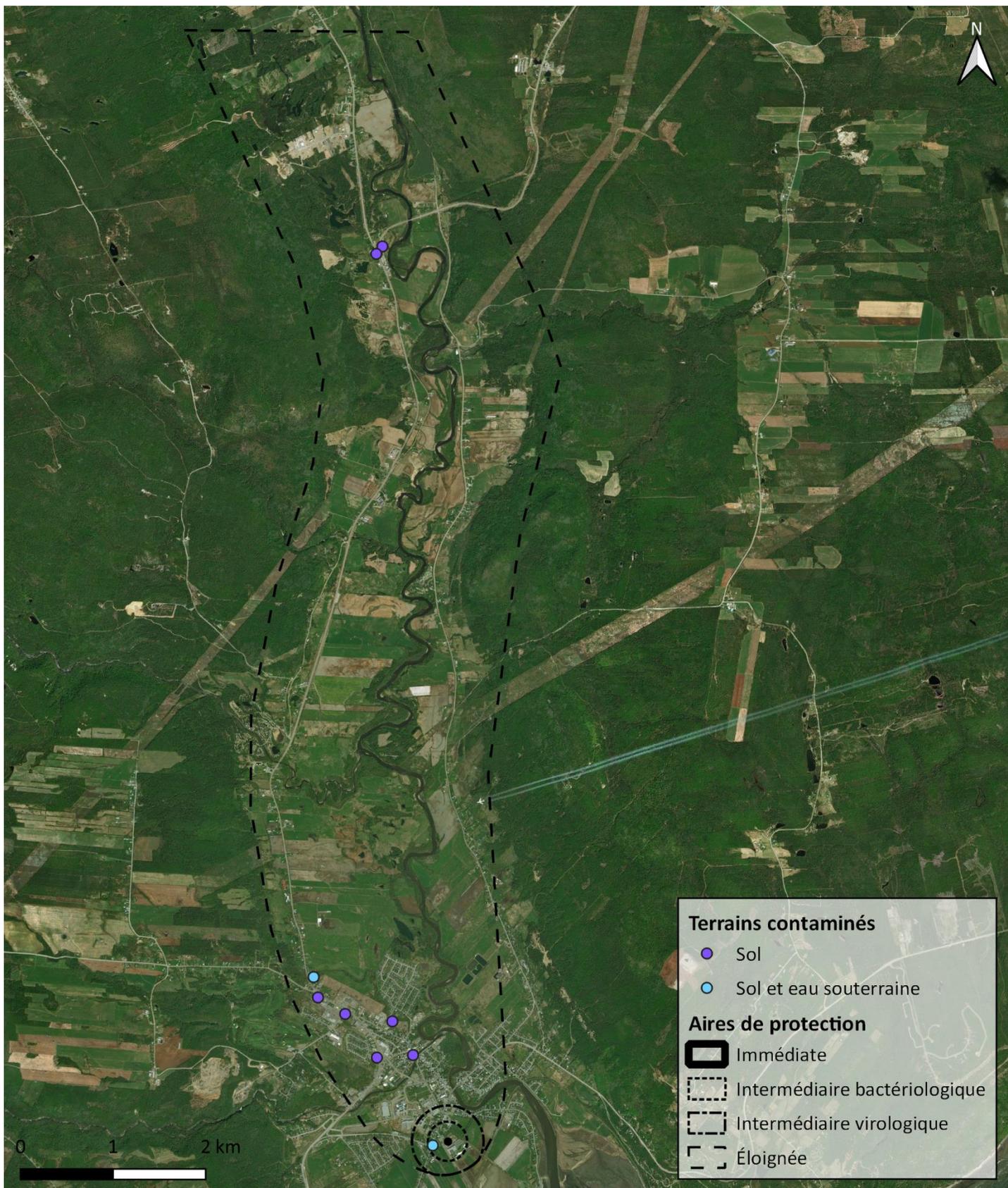


Figure 5. Terrains contaminés dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (Bing, 2021; voir l'annexe 1 pour la liste des propriétaires contactés).

## 2.10 INSTALLATIONS SEPTIQUES

Des installations sanitaires autonomes en quantité inconnue sont présentes dans l'aire de protection éloignée du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul. Les habitations qui ne sont pas reliées au système d'égout sanitaire doivent posséder une installation septique conforme. Les installations septiques non conformes peuvent entraîner des contaminations bactériologiques dans l'eau de surface ou dans l'eau souterraine et éventuellement affecter la qualité de l'eau prélevée par la Ville. Cependant, ces installations étant localisées dans l'aire de protection éloignée, la grande distance les séparant du puits à l'étude et la faible vulnérabilité de l'aquifère où est puisée l'eau potable diminuent grandement la possibilité que les microorganismes puissent contaminer l'eau prélevée au puits municipal.

## 2.11 CORRIDORS DE TRANSPORT ROUTIER ET FERROVIAIRE

### 2.11.1 Réseau routier

Dans l'aire de protection éloignée de la prise d'eau potable de la Ville de Baie-Saint-Paul, les routes 138, 362 et 381 sont situés à proximité de la rivière du Gouffre et de plusieurs de ses tributaires (figure 6). La route 362 traverse une partie de l'aire intermédiaire virologique et intermédiaire bactériologique sur une longueur d'environ 2 km. Au total, en incluant les routes de responsabilité provinciale et municipale ainsi que les chemins privés, les aires de protection comptent plus de 55 km de routes, dont plus de 1 km dans l'aire de protection intermédiaire bactériologique et environ 2,5 km dans l'aire de protection intermédiaire virologique. L'épandage de sel et la circulation de camions de marchandises et autres poids lourds sur ces routes principales pourrait avoir des impacts importants pour la qualité de l'eau de la rivière et, éventuellement, de l'eau souterraine. Cependant, il y a peu de probabilités que la qualité de l'eau prélevée par le puits de la Ville de Baie-Saint-Paul soit affectée par ces épandage étant donné la faible vulnérabilité de l'aquifère.

Le ministère des Transports du Québec (MTQ) est responsable des routes nationales, régionales et collectrices du territoire, de certains chemins d'accès aux ressources, ainsi que de certaines structures, incluant des ponts et ponceaux, qui permettent le passage de ces routes. Les Municipalités ont la responsabilité de l'entretien et du drainage des routes locales situées sur leur territoire.

Les ministères responsables de l'environnement et des affaires municipales (Gouvernement du Québec, 2014) ont répertorié les contaminants et les impacts des eaux pluviales et de la neige usée en lien avec le réseau routier. Selon Environnement Canada (2012), ce serait l'entretien routier lié au déglacage en période hivernale qui aurait le plus d'impact sur l'eau potable et le milieu hydrique. En effet, le chlore et le sodium contenu dans le sel de déglacage contribueraient à dégrader la qualité de l'eau potable. Toujours selon Environnement Canada, des études ont démontré que jusqu'à 50% du sel de déglacage appliqué sur les routes se retrouve dans l'eau souterraine. En outre, l'épandage de sels de déglacage serait responsable de la contamination de plusieurs aquifères (Charbonneau, 2006) et de 20% des puits situés à proximité des routes (Environnement Canada, 2012).

Afin de protéger le milieu naturel et l'eau potable, la réduction de l'usage du sel de déglacage dans les zones sensibles est souhaitable. Pour ce faire, l'ajout d'abrasif comme le sable est une option intéressante. En effet, l'utilisation d'abrasif permet de réduire les impacts du sel sur l'environnement (Lacasse *et al.*, 2014). Toutefois, l'usage excessif d'abrasif peut avoir un impact sur le taux de matières en suspension dans les cours d'eau (Robitaille, 2011), nuire à la fraie de l'omble de fontaine et au traitement de l'eau potable prélevée dans les eaux de surface. Il est intéressant de mentionner que la végétation de bords de route contribue grandement à réduire les effets négatifs de l'épandage de sels de déglacage et que sa capacité de mitiger les effets du sel est proportionnelle à son intégrité (Siegel, 2007).

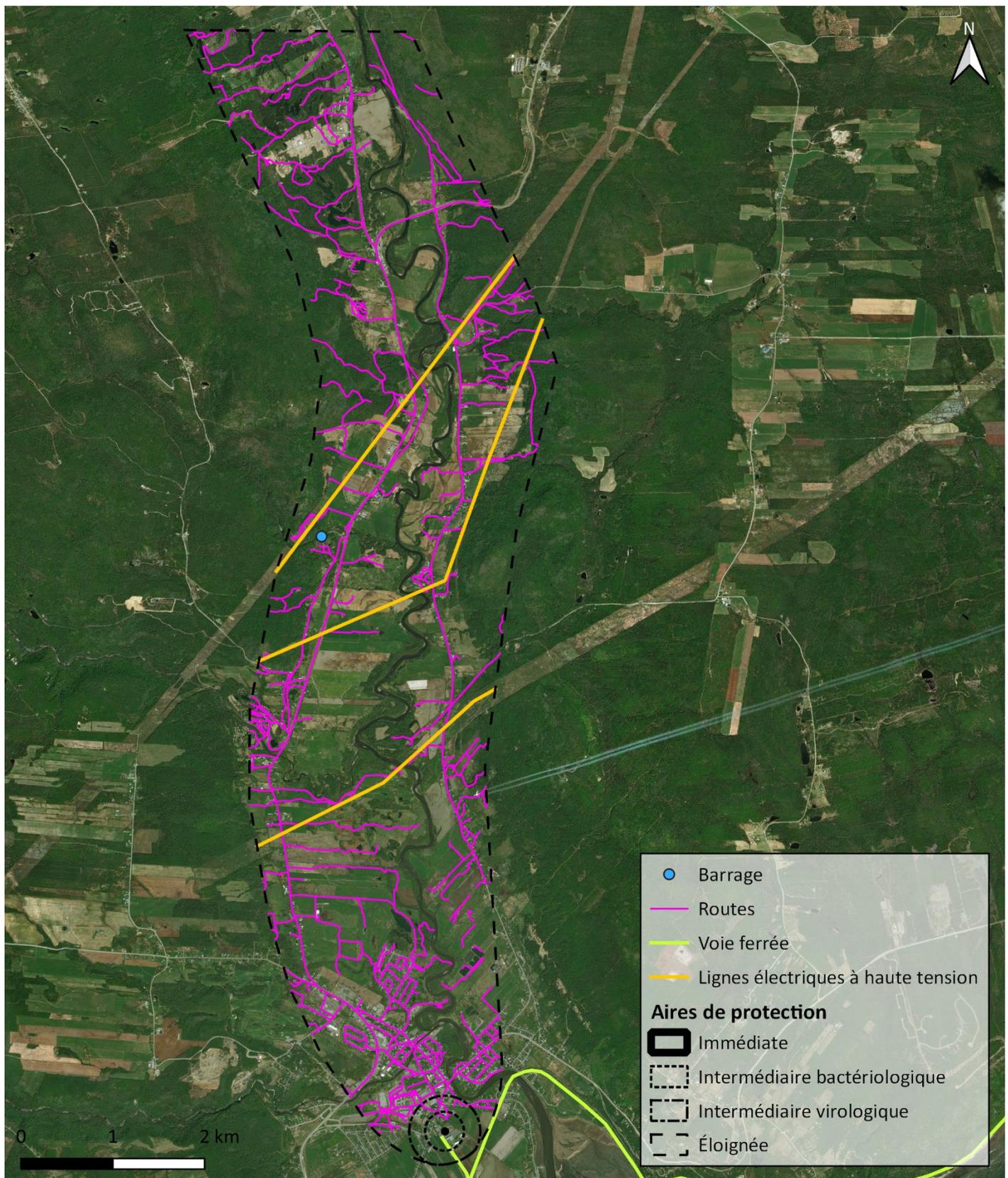


Figure 6. Barrage, routes, lignes électriques à haute tension et voie ferrée dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (Gouvernement du Québec, 2010; Gouvernement du Québec, 2020; Bing, 2021; OBV-CM, 2021).

### 2.11.2 Voie ferrée

La station de train de Charlevoix se situe en plein centre de l'aire de protection intermédiaire bactériologique du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (figure 6; figure 2). Le train de Charlevoix est présentement en service durant la saison estivale, mais avec la construction du Club Med dans le secteur du Massif de Petite-Rivière-Saint-François, il pourrait bientôt opérer toute l'année (Justine Wolfe, comm. pers., 2021). À l'heure actuelle, sa fonction primaire est le transport de passager, mais les administrateurs aimeraient qu'il serve également au transport de marchandises dans un avenir rapproché.

Les voies ferrées et les gares de train peuvent avoir différents impacts sur les sources d'eau souterraine. L'un des principaux problèmes est l'utilisation de la créosote, un produit chimique toxique et cancérigène servant à traiter le bois des traverses de la voie ferrée. Ce produit peut entraîner une contamination de la nappe phréatique par ruissellement et infiltration lors des grandes pluies (MDDEP, 2010). Le graissage des rails de train à l'huile synthétique pose également un danger pour l'eau souterraine. L'utilisation d'une graisse végétale et biodégradable pour graisser les voies serait recommandés vu la proximité de la prise d'eau potable.

Un déraillement pourrait également avoir un impact néfaste sur la qualité de l'eau souterraine et éventuellement sur l'eau prélevée par la Ville de Baie-Saint-Paul, par exemple en cas de déversement d'hydrocarbures à proximité du puits à l'étude. Cela dit, le train circule seulement sur quelques dizaines de mètres dans les aires de protection intermédiaires. À cet endroit, il roule à très faible vitesse afin d'atteindre la gare, qui est située à l'hôtel Le Germain (Justine Wolfe, comm. pers., 2021). Un déraillement est donc très peu probable.

## 2.12 TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ À HAUTE TENSION

L'aire de protection éloignée du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul est traversée par des lignes de transport électrique à haute tension d'Hydro-Québec sur une longueur de plus de 12 km (figure 6). Afin d'assurer leur bon fonctionnement et d'assurer la sécurité publique, Hydro-Québec a développé un système de gestion intégrée de la végétation dans les emprises électriques (Hydro-Québec, 2013). Ce dernier comprend entre autres la plantation d'arbustes, la fauche et l'utilisation de phytocides. Ces phytocides sont administrés par injection, par application basale ou par pulvérisation. La méthode de pulvérisation à fort débit sur le feuillage et les tiges et particulièrement utilisée. L'utilisation de phytocides sous les lignes électriques peut engendrer des contaminations de l'eau souterraine (Safewater, 2021). Les méthodes de contrôle de la végétation utilisées dans le secteur spécifique visé par la présente étude ne sont pas connues. Cependant, étant donné la faible vulnérabilité de l'aquifère, il y a peu de chance que ces activités puissent affecter la qualité de l'eau prélevée par la Ville de Baie-Saint-Paul.

## 2.13 BARRAGE

Un seul barrage est répertorié dans l'aire de protection éloignée du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (figure 6). Il s'agit du barrage historique de la rivière Rémy. Ce barrage de forte contenance possède une hauteur de 8,60 m et une capacité de retenue de 3 900 m<sup>3</sup> d'eau (Gouvernement du Québec, 2020). Il ne présente pas de risque pour la qualité ou la quantité d'eau disponible au puits.

Les barrages sont répertoriés par le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), qui inventorie les ouvrages de retenue (barrages) possédant un mètre ou plus de hauteur. Il est important de considérer que le niveau d'eau de certains petits lacs est peut-être contrôlé par de petits barrages de moins d'un mètre.

## 2.14 PRÉLÈVEMENT D'EAU

On retrouve 10 sites de prélèvement d'eau dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (tableau 6; figure 7), en plus des nombreux puits d'alimentation des résidences privées qui ne sont pas desservies par le réseau d'aqueduc de leurs municipalités. Ces sites de prélèvement sont tous situés dans l'aire de protection éloignée de l'ouvrage qui fait l'objet de la présente analyse. Les principaux préleveurs sont les Municipalités de Saint-Urbain et de Baie-Saint-Paul. Ces derniers ne rencontrent pas de problème d'approvisionnement en eau et ne semblent pas poser de risque important pour la disponibilité de l'eau au puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul. En effet, étant donné la grande profondeur à laquelle le puits capte son eau, il est très peu probable que des puits résidentiels et même ceux appartenant à des entreprises captent leur eau à partir de ce même aquifère.

Tableau 6. Infrastructures de prélèvement d'eau dans les aires de protection de la prise d'eau potable du centre-ville de Baie-Saint-Paul.

Nom de l'infrastructure	Type d'organisation	Localisation
Installation de production d'eau potable de la Ville de Baie-Saint-Paul (puits PE-2 et PE-3) <b>*Objet de la présente analyse*</b>	Municipale	Baie-Saint-Paul
Installation de production d'eau potable de la Ville de Baie-Saint-Paul (puits PE-1 pour urgence seulement)	Municipale	Baie-Saint-Paul
Installation de production d'eau potable du Camping du Gouffre	Privée	Baie-Saint-Paul
Site de prélèvement d'eau potable du Garage A. Côté.	Privée	Baie-Saint-Paul
Installation de production d'eau potable du Motel Maison Chez Laurent	Privée	Baie-Saint-Paul
Postes de pompage du Golf Le Loup (2)	Privée	Baie-Saint-Paul
Installation de production d'eau potable de la municipalité de Saint-Urbain (puits PE-1 et PE-2)	Municipale	Saint-Urbain
Installation de production d'eau potable de la Municipalité de Saint-Urbain (source Julia)	Municipale	Saint-Urbain
Site de prélèvement d'eau potable du Garage Esthétique Auto	Privée	Saint-Urbain

## 2.15 TRAITEMENT ET REJET DES EAUX USÉES

### 2.15.1 Stations d'épuration

La Municipalité de Baie-Saint-Paul possède une station d'épuration de type étangs aérés qui est située dans l'aire de protection éloignée du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (figure 7). Elle est localisée dans le rang Saint-Laurent et est composée de quatre bassins pouvant recevoir en tout 3 927 m<sup>3</sup> d'eaux usées par jour (Gouvernement du Québec, 2020). Les eaux traitées sont rejetées dans la rivière du Gouffre et il n'est pas prévue que les eaux soient traitées par infiltration dans le sol. Les analyses de la qualité de l'eau révèlent que les rejets de la station d'épuration n'ont pas d'impact notable sur la qualité de l'eau prélevée par la Ville de Baie-Saint-Paul.

### 2.15.2 Rejet à partir des ouvrages de surverse

Le système d'égout de la Ville de Baie-Saint-Paul est équipé d'ouvrages de surverses en cas de débordement pendant les grosses pluies. Deux d'entre eux sont situés dans l'aire de protection éloignée du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (Gouvernement du Québec, 2020). Les débordements des réseaux d'égouts en période de pluie dans les cours d'eau de surface ne semblent pas constituer une source importante de pollution pour l'eau souterraine et le réseau d'eau potable de la Ville de Baie-Saint-Paul. Cela dit, si des fuites étaient présentes dans le réseau d'égout sanitaire, celles-ci pourraient contribuer à une contamination bactérienne de l'eau souterraine et éventuellement de l'eau prélevée par la Ville.

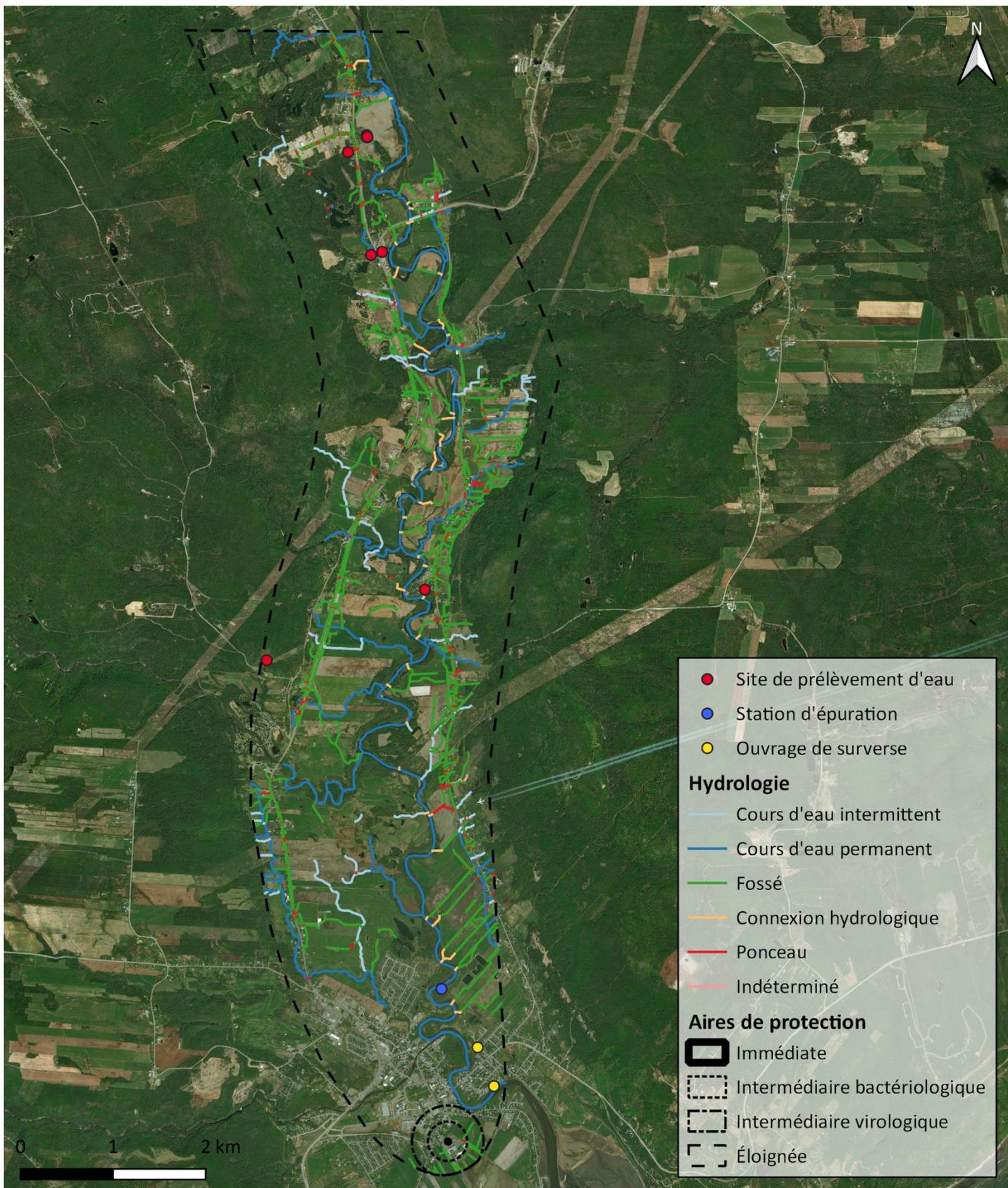


Figure 7. Prises d'eau, station d'épuration, ouvrages de surverse et hydrologie dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (OBV-CM, 2019; Gouvernement du Québec, 2020; Bing, 2021).

## 2.16 TABLEAU SYNTHÈSE DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES ET DES MENACES ASSOCIÉES

Le tableau 7 présente une synthèse des activités anthropiques inventoriées dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul et du potentiel de risque qui y est associé. Il est à noter que l'aire de protection indiquée correspond à celle dans laquelle chaque activité anthropique a l'impact le plus important. Toutes les activités analysées ont été incluses dans ce tableau, même si, après évaluation, elles ne présentent pas de risque pour le puits. Ces dernières sont accompagnées de la mention « N/A ».

**Tableau 7. Activités anthropiques et potentiel de risque associé dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul.**

Activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Agriculture	Intermédiaire bactériologique	Hydrocarbures, microorganismes, pesticides, nitrites et nitrates	Faible
Terrains contaminés	Intermédiaire bactériologique	Hydrocarbures	Très faible
Corridors de transport routier et ferroviaire	Intermédiaire bactériologique	Sels de voirie, hydrocarbures	Faible
Commerce de détail	Intermédiaire virologique	Hydrocarbures	Très faible
Restaurants et hôtels	Intermédiaire virologique	Hydrocarbures	Très faible
Garages, concessionnaires automobiles et stations-services	Éloignée	Hydrocarbures	Très faible
Usines et industries	Éloignée	Hydrocarbures, nitrites et nitrates, sédiments	Très faible
Golf	Éloignée	Hydrocarbures, pesticides, nitrites et nitrates, quantité	Très faible
Coopérative funéraire	Éloignée	Hydrocarbures	Très faible
Cimetière	Éloignée	Hydrocarbures	Faible
Installations septiques	Éloignée	N/A	N/A
Transport d'électricité à haute tension	Éloignée	Hydrocarbures, pesticides,	Très faible
Barrage	Éloignée	N/A	N/A
Prélèvement d'eau	Éloignée	Quantité	Faible
Traitement et rejet des eaux usées	Éloignée	N/A	N/A

# 3. RÉSULTATS DE L'INVENTAIRE DES ÉVÈNEMENTS POTENTIELS ET DE L'ÉVALUATION DES MENACES QU'ILS REPRÉSENTENT

## 3.1 ACCIDENT ROUTIER

Certaines routes municipales et provinciales (route 362, route 138, rue Saint-Jean-Baptiste) traversent les aires de protection intermédiaire bactériologique et intermédiaire virologique. Un accident qui surviendrait à proximité de la prise d'eau pourrait engendrer un déversement d'hydrocarbures difficilement récupérables et pourrait poser un risque de contamination des eaux souterraines s'il n'est pas contenu. Un véhicule pourrait également déverser toute substance dangereuse qu'il transporte.

## 3.2 BRIS D'INFRASTRUCTURES INDUSTRIELLES

Seul un réservoir de propane est situé dans l'aire de protection intermédiaire virologique. Or, les déversements de propane ont peu d'impact sur l'environnement. En effet, lors d'une fuite, le propane se transforme en vapeur et se dissipe facilement dans l'atmosphère (Association canadienne du propane, 2012). Il ne coule donc pas sur le sol comme le ferait un liquide. Le réservoir ne risque ainsi pas d'avoir un impact sur la qualité de l'eau prélevée par la Ville de Baie-Saint-Paul, particulièrement considérant son faible volume et la distance le séparant du puits.

D'autres réservoirs contenant des substances pouvant avoir un impact plus important sur la qualité de l'eau prélevée, comme des hydrocarbures ou des produits chimiques utilisés à des fins agricoles, sont présents dans l'aire de protection éloignée. La vaste majorité d'entre eux est toutefois dotée de systèmes adéquats pour prévenir les déversements et confiner les fuites. En raison de ces mesures de rétention et de la distance séparant les réservoirs du puits à l'étude, il est peu probable qu'une fuite ou un bris engendre une contamination.

## 3.3 ALÉAS NATURELS

La région de Charlevoix est sujette à une grande quantité d'évènements sismiques et d'autres aléas naturels. Les tremblements de terre y sont entre autres fréquents. Un tel évènement pourrait engendrer une modification du patron d'écoulement de l'eau souterraine (USGS, 2021). Un tremblement de terre pourrait par exemple obturer l'aquifère dans lequel le puits à l'étude s'alimente, ou engendrer une contamination de cet aquifère par de l'eau saline provenant du fleuve, ou encore par l'eau sulfureuse retrouvée dans la nappe supérieure. De nombreux scénarios sont possibles et pourraient avoir un impact catastrophique sur la qualité ou la quantité de l'eau prélevée par la Ville de Baie-Saint-Paul.

### 3.4 TABLEAU SYNTHÈSE DES ÉVÈNEMENTS POTENTIELS ET DES MENACES ASSOCIÉES

Le tableau 8 présente une synthèse des évènements potentiels inventoriés ainsi que du potentiel de risque qui y est associé. Il est à noter que l'aire de protection indiquée correspond à celle dans laquelle chaque évènement potentiel a l'impact le plus important.

**Tableau 8. Évènements potentiels et potentiel de risque associé dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul.**

Évènement potentiel	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Accident routier	Intermédiaire bactériologique	Hydrocarbures, microorganismes, substances organiques, substances inorganiques	Très faible
Bris d'infrastructures industrielles	Éloignée	Hydrocarbures, substances organiques, substances inorganiques	Très faible
Aléas naturels	Immédiate	Quantité, eau saline, eau sulfureuse	Moyen

## 4. RÉSULTATS DE L'INVENTAIRE DES AFFECTATIONS DU TERRITOIRE

Les affectations du territoire, les activités qui y sont compatibles et les risques qui y sont associés ont été inventoriées pour les trois aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (figure 8; Figure 9). Les aires de protection immédiate et intermédiaires ainsi que la majorité de l'aire de protection éloignée sont situées dans la ville de Baie-Saint-Paul, dans la MRC de Charlevoix. L'information sur la compatibilité des activités est donc tirée du plan d'urbanisme de la Ville de Baie-Saint-Paul et du schéma d'aménagement en vigueur au moment d'élaborer ce document (MRC de Charlevoix, 2012; Baie-Saint-Paul, 2020). Les informations concernant l'autre portion de l'aire de protection éloignée, située dans la municipalité de Saint-Urbain, ont été tirées du schéma d'aménagement en vigueur au moment d'élaborer ce document (MRC de Charlevoix, 2012).

### 4.1 AIRE DE PROTECTION IMMÉDIATE

#### 4.1.1 Institutionnelle et services publics

La portion de l'aire de protection immédiate qui possède une affectation « Institutionnelle et services publics » est principalement occupée par le site de la prise d'eau potable faisant l'objet de la présente analyse. La Ville de Baie-Saint-Paul n'a pas l'intention de changer la vocation de ce secteur. On y retrouve également le jardin de François, un petit parc. Cet usage contribue à la protection de la source et est voué à cet usage en particulier. Il pourrait toutefois poser des risques si des pesticides ou des fertilisants étaient utilisés par des responsables de l'entretien du site qui ne seraient pas informés de sa vocation.

Cette affectation est principalement compatible avec les usages communautaires. Elle peut également être compatible avec certaines formes d'usages associés à la vente au détail de produits de l'alimentation, aux services professionnels et d'affaires ou à l'habitation. Ces usages posent un risque **très faible** pour le puits à l'étude. De plus, il est hautement improbable que l'on observe un changement d'usage dans l'aire de protection immédiate, puisque cette aire comprend seulement une très faible superficie (environ 25 m<sup>2</sup>) et inclut la prise d'eau de la Ville.

### 4.2 AIRES DE PROTECTION INTERMÉDIAIRES

#### 4.2.1 Institutionnelle et services publics

La portion des aires de protection intermédiaires qui possède une affectation « Institutionnelle et services publics » comprend entre autres l'hôpital de Baie-Saint-Paul et l'école Sir Rodolphe-Forget. Il se peut que ces institutions disposent de réservoirs d'hydrocarbures, mais il n'a pas été possible d'obtenir de l'information à ce sujet. Si c'est le cas, étant donné le contexte institutionnel, des mesures de rétention sont fort probablement mises en place. La distance séparant les réservoirs de la prise d'eau potable à l'étude est telle que leur présence potentielle est peu préoccupante.

Cette affectation est principalement compatible avec les usages communautaires. Elle peut également être compatible avec certaines formes d'usages associés à la vente au détail de produits de l'alimentation, aux services professionnels et d'affaires ou à l'habitation. Ces usages posent un risque **très faible** pour le puits à l'étude.

#### 4.2.2 Commerciale et services

La majeure partie de la portion de l'aire de protection intermédiaire bactériologique qui possède une affectation « Commerciale et de services » est occupée par le complexe de Maison Mère, qui comprend principalement des bureaux, des logements et une auberge. La Ville de Baie-Saint-Paul a investi des montants importants dans la préservation de ce bâtiment. On peut donc croire qu'elle souhaite maintenir cet usage dans cette portion du territoire. La portion de l'aire de protection intermédiaire virologique qui possède une affectation « Commerciale et services » est occupée par une variété de restaurants et de petits commerces situés sur la rue Ambroise-Fafard. Certains d'entre eux possèdent des réservoirs d'hydrocarbures, qui pourraient contaminer la source d'eau potable en cas de fuite. Cela dit, la surface fortement imperméabilisée par les constructions dans ce secteur limite les possibilités qu'un contaminant rejoigne la nappe souterraine.

Cette affectation est principalement compatible avec la vente au détail de produits de l'alimentation et de produits divers; les entreprises artisanales et métiers d'art; les usages récréatifs ou liés à la santé, l'éducation ou la culture ainsi que certains usages liés aux services. Le principal risque lié à ces usages est la présence de réservoirs d'hydrocarbures qui pourraient contaminer le puits en cas de fuite ou de bris. Cela dit, l'imperméabilisation du sol typique des secteurs où l'on retrouve cette affectation limite les possibilités qu'un contaminant rejoigne la nappe souterraine.

L'affectation « Commerciale et services » est également compatible avec les usages d'habitation et de conservation. L'usage de conservation peut pour sa part contribuer à la protection de la source, puisqu'il est associé à des activités ayant un impact limité sur l'environnement.

Cette affectation pose un risque **faible** pour le puits à l'étude.

#### 4.2.3 Commerciale récréotouristique

La portion des aires de protection intermédiaires qui possède une affectation « Commerciale récréotouristique » est occupée par l'Hôtel & Spa Le Germain Charlevoix. Bien qu'il n'ait pas été possible d'obtenir de l'information à ce sujet, il est probable qu'un ou des réservoir(s) d'hydrocarbures ou de produits chimiques soi(en)t présent(s) sur le site, entre autres dans les cuisines ou pour l'entretien du spa.

Cette affectation est principalement compatible avec les résidences de tourisme en quantité limitée et avec les usages récréatifs. Le principal risque lié à ces usages est la présence de réservoirs d'hydrocarbures qui pourraient contaminer les nappes d'eau souterraine en cas de fuite ou de bris. Cependant, la source d'eau potable est considérée comme peu vulnérable étant donné son contexte hydrogéologique. En somme, cette affectation pose un risque **faible** pour le puits à l'étude.

#### 4.2.4 Résidentielle

La portion des aires de protection intermédiaires qui possède une affectation « Résidentielle » est principalement occupée par des maisons unifamiliales. Elle est reliée aux réseaux d'aqueduc et d'égout de la Ville. Elle présente à l'heure actuelle peu de risque significatif pour la prise d'eau potable.

Cette affectation est principalement compatible avec l'usage d'habitation. Cet usage pourrait en théorie limiter la quantité d'eau disponible au puits si un trop grand nombre de résidences est construit, par exemple si le besoin en eau dépasse le volume que peuvent fournir les prises d'eau actuelles ou si de nouvelles prises d'eau sont construites et appauvrissent la nappe dans laquelle s'alimente le puits à l'étude. Il est donc important de tenir compte de la capacité de prélèvement du puits dans la planification du développement résidentiel.

L'affectation « Résidentielle » peut également être compatible avec la vente au détail de produits de l'alimentation; les services professionnels, d'affaires et domestiques ainsi que les usages récréatifs ou liés à la santé, l'éducation ou la culture. Le principal risque lié à ces usages est la présence de réservoirs d'hydrocarbures qui pourraient contaminer l'eau souterraine en cas de fuite ou de bris. Cela dit, l'imperméabilisation du sol typique des secteurs où l'on retrouve cette affectation limite les possibilités qu'un contaminant rejoigne la nappe souterraine. En somme, cette affectation pose un risque **faible** pour le puits à l'étude.

Enfin, cette affectation est également compatible avec l'usage de conservation. Ce dernier peut contribuer à la protection de la source, puisqu'il est associé à des activités ayant un impact limité sur l'environnement.

#### 4.2.5 Résidentielle à planifier

La portion des aires de protection intermédiaires qui possède une affectation « Résidentielle à planifier » est occupée par deux segments de terrain non occupés. L'un d'entre eux est attenant à la résidence Les Bâtisseurs.

L'affectation « Résidentielle à planifier » peut également être compatible avec la vente au détail de produits de l'alimentation; les services professionnels, d'affaires, domestiques et d'hébergement ainsi que les usages récréatifs ou liés à la santé, l'éducation ou la culture. Le principal risque lié à ces usages est la présence de réservoirs d'hydrocarbures qui pourraient contaminer l'eau souterraine en cas de fuite ou de bris. Cela dit, l'imperméabilisation du sol typique des secteurs où l'on retrouve cette affectation limite les possibilités qu'un contaminant rejoigne la nappe souterraine. Cette affectation pose donc un risque **faible** pour le puits à l'étude.

Enfin, cette affectation est également compatible avec l'usage de conservation. Ce dernier peut contribuer à la protection de la source, puisqu'il est associé à des activités ayant un impact limité sur l'environnement.

#### 4.2.6 Agricole dynamique

La portion des aires de protection intermédiaires qui possède une affectation « Agricole dynamique » est présentement utilisée à des fins agricoles. Cet usage peut engendrer des contaminations par des microorganismes, des nitrites et nitrates ainsi que des substances organiques issus des fertilisants et des produits phytosanitaires. Les déjections issues de l'élevage animal peuvent également libérer des microorganismes, des nitrites et nitrates de même que des virus. Cependant, étant donné l'étanchéité de la nappe d'eau utilisée pour le captage de l'eau potable, aucune activité agricole ne sera à proscrire dans les aires de protection. Par précaution, la Ville pourrait recommander de favoriser les cultures végétales à l'élevage animal et de limiter l'usage de fertilisants et de produits phytosanitaires dans les aires de protection intermédiaires, particulièrement dans l'aire de protection intermédiaire bactériologique.

Cette affectation est compatible avec les usages liés à l'agriculture et à la foresterie. Comme l'agriculture, cette dernière peut présenter des risques de contamination par des fertilisants et des produits phytosanitaires.

En somme, cette affectation pose un risque **modéré** pour le puits à l'étude.

### 4.3 AIRE DE PROTECTION ÉLOIGNÉE

Les affectations présentes dans l'aire de protection éloignée ainsi que les usages compatibles qui présentent un risque ou un potentiel de protection pour la source sont répertoriés au tableau 9, de même que l'ampleur du risque ou de la protection.

\*Il est important de prendre en considération que la description des risques associés à chaque affectation tient seulement compte des usages qui sont compatibles avec cette dernière. Elle n'est donc pas modulée en fonction de la localisation de l'affectation ou de la superficie qu'elle couvre.

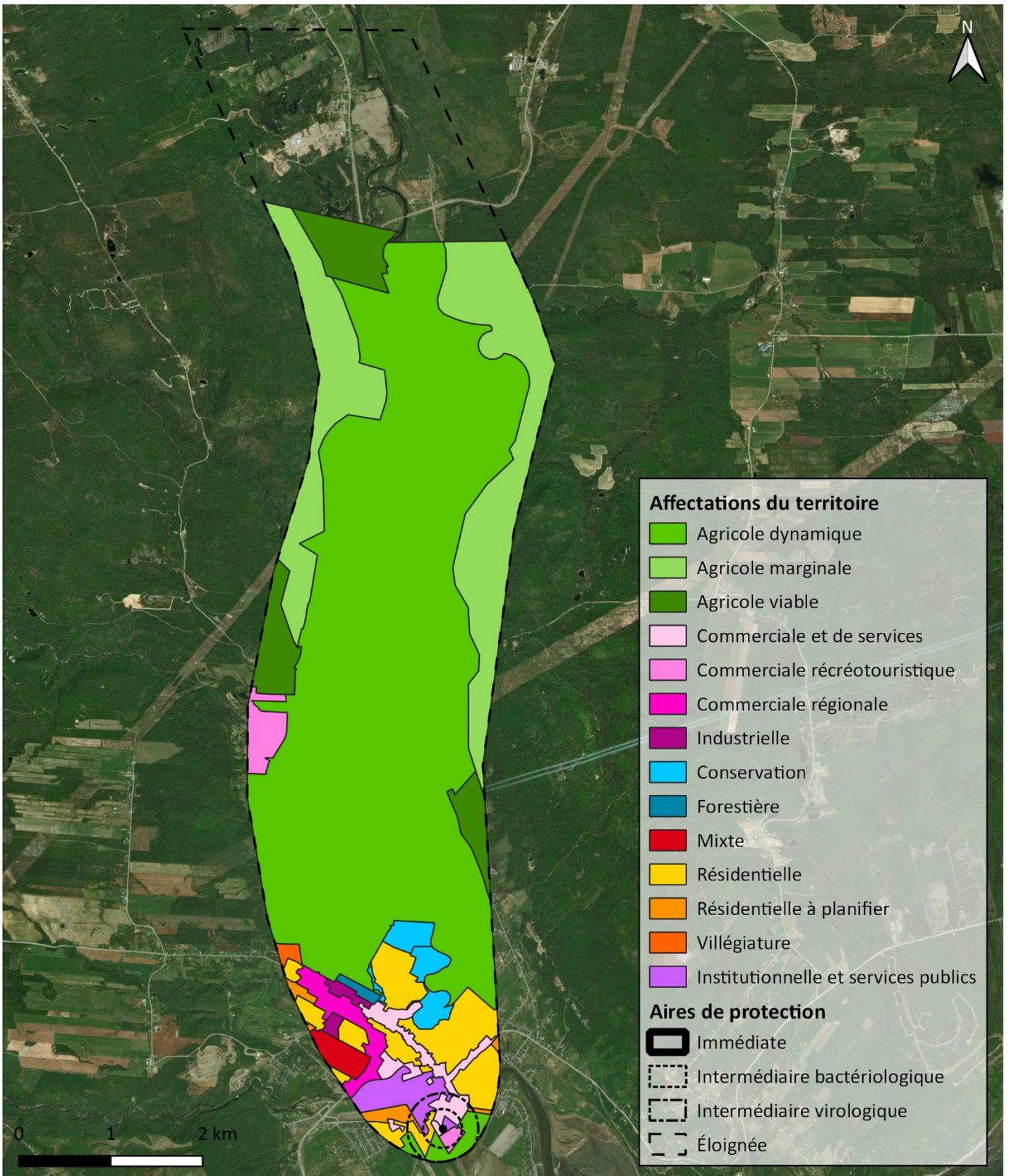


Figure 8. Affectations du territoire dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (MRC de Charlevoix, 2020; Bing, 2021). Les fichiers géomatiques pour la partie la plus au nord de l'aire de protection éloignée ne sont pas disponibles, mais les affectations dans ce secteur ont été tenus en compte dans l'analyse.

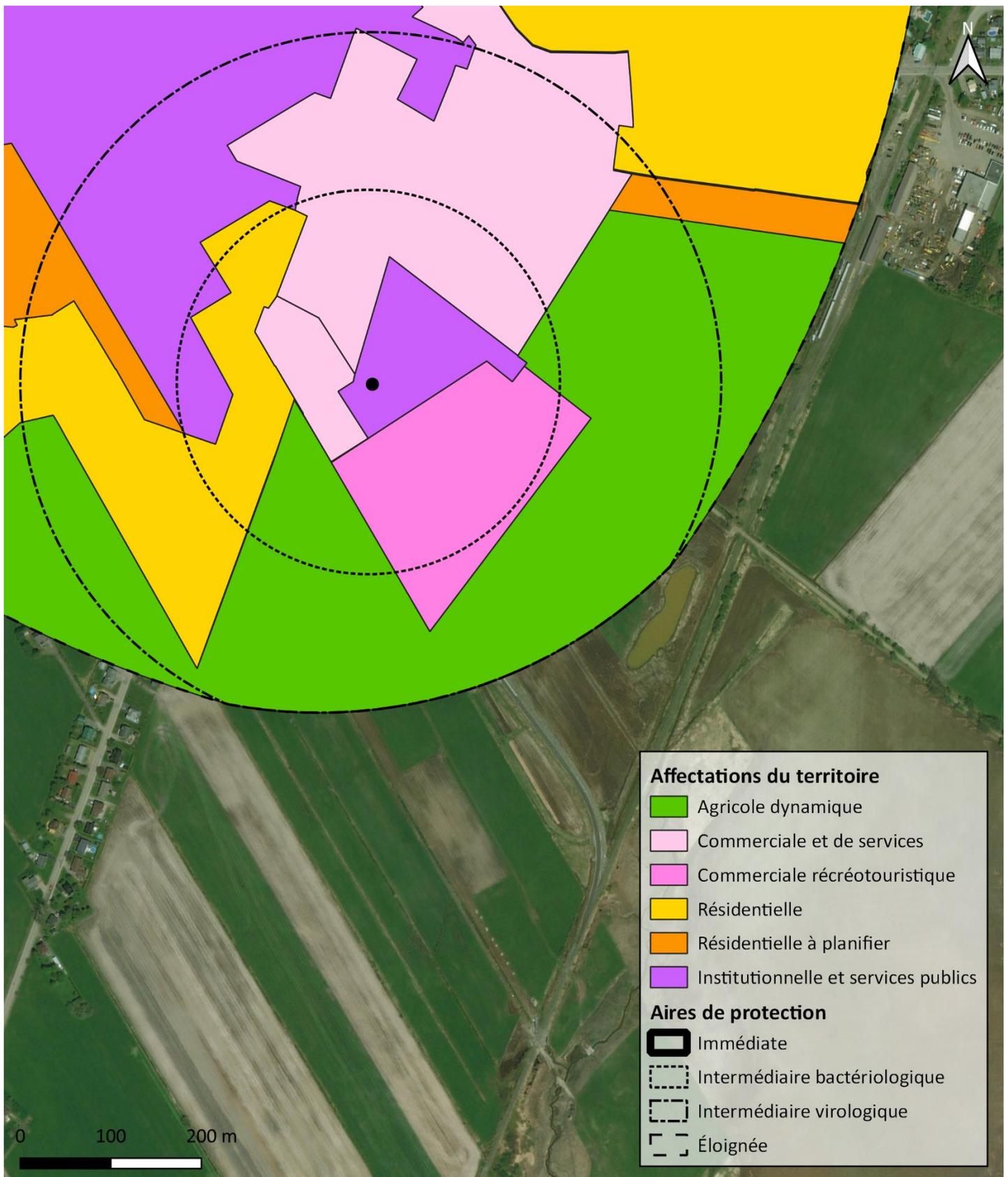


Figure 9. Affectations du territoire dans les aires de protection immédiate et intermédiaires du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (MRC de Charlevoix, 2020; Bing, 2021).

Tableau 9. Nature et ampleur du risque (\*) ou de la protection amenée par les usages compatibles avec les affectations présentes dans l'aire de protection éloignée du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul (MRC de Charlevoix, 2012; Baie-Saint-Paul, 2020).

Affectation	Usage(s) à risque ou apportant une protection	Nature et ampleur du risque ou de la protection
Agricole dynamique	Risque : Agriculture, foresterie	Contamination par hydrocarbures, microorganismes, nitrites et nitrates, substances organiques, autres contaminants issus de fertilisants ou de pesticides (risque modéré)*
Agricole marginale	Risque : Agriculture, foresterie	Contamination par hydrocarbures, microorganismes, nitrites et nitrates, substances organiques, autres contaminants issus de fertilisants ou de pesticides (risque modéré)*
Agricole viable	Risque : Agriculture, foresterie, extraction	Contamination par hydrocarbures, microorganismes, nitrites et nitrates, substances organiques, autres contaminants issus de fertilisants ou de pesticides, problème de quantité d'eau disponible (risque modéré)*
Commerciale et de services	Risque : Services (restauration, hébergement, etc.) Protection : Conservation	Contamination par hydrocarbures (risque faible)* Protection importante
Commerciale et récréotouristique	Risque : Services (restauration, hébergement, etc.) Protection : Conservation	Contamination par hydrocarbures (risque faible)* Protection importante
Commerciale régionale	Risque : Commerce lourd et d'entreposage, services (restauration, hébergement, etc.), vente au détail de véhicules motorisés et d'essence Protection : Conservation	Contamination par hydrocarbures (risque modéré)* Protection importante
Industrielle	Risque : Industrie de recherche et développement, industrie manufacturière, commerce lourd et d'entreposage, transport	Contamination par hydrocarbures ou produits chimiques (risque modéré)*
Conservation	Protection : Conservation	Protection importante

Forestière	Risque : Foresterie, extraction	Contamination par hydrocarbures (risque faible)*
Mixte	Risque : Vente au détail de véhicules motorisés et d'essence, industrie de recherche et développement, services (restauration, hébergement, etc.) Protection : Conservation	Contamination par hydrocarbures, autres produits chimiques (risque modéré)* Protection importante
Résidentielle	Risque : Services (restauration, hébergement, etc.) Protection : Conservation	Contamination par hydrocarbures (risque faible)* Protection importante
Résidentielle à planifier	Risque : Services (restauration, hébergement, etc.) Protection : Conservation	Contamination par hydrocarbures (risque faible)* Protection importante
Villégiature	Risque : Services (restauration, hébergement, etc.) Protection : Conservation	Hydrocarbures (risque faible)* Protection importante
Institutionnelle et services publics	Risque : Communautaire	Contamination par des hydrocarbures (risque très faible)*

## **5. IDENTIFICATION DES PROBLÈMES AVÉRÉS ET DE LEURS CAUSES PROBABLES**

Aucun problème avéré n'a été identifié pour le puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul.

## **6. INFORMATION MANQUANTE**

L'OBV-CM n'a pas été en mesure de rejoindre tous les propriétaires de terrain étant potentiellement liés à une activité anthropique présentant un risque pour le puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul. Il n'a, par exemple, pas réussi à obtenir de l'information de la part de l'Hôtel & Spa Le Germain Charlevoix, qui est situé dans l'aire de protection intermédiaire bactériologique, et de l'hôpital de Baie-Saint-Paul, qui est situé dans l'aire de protection intermédiaire virologique. L'OBV-CM aurait souhaité savoir si ces organisations possèdent des réservoirs de produits chimiques et d'hydrocarbures. Cela dit, aucun propriétaire avec lequel l'OBV-CM est parvenu à communiquer n'a refusé de répondre à ses questions.

## **7. CONCLUSION**

L'eau prélevée à la prise d'eau potable du puits P-2 est de bonne qualité et le puits est qualifié de peu vulnérable. En effet, le contexte hydrogéologique dans le secteur du puits fait en sorte qu'une épaisseur couche de sol imperméable (silt argileux sur 73 m) vient assurer une excellente protection à l'aquifère capté par la municipalité de Baie-Saint-Paul. Il rend donc l'eau souterraine puisée très faiblement vulnérable aux sources de contamination. Les usages qui sont en cours dans les aires de protection du puits ne sont pas jugées préoccupantes. Pourtant, dans un principe de précaution les recommandations suivantes pourraient être apportées :

- Le graissage des rails de train à l'huile synthétique pose un danger pour l'eau souterraine. L'utilisation d'une graisse végétale et biodégradable pour graisser les voies serait recommandés vu la proximité de la prise d'eau potable.
- Il est recommandé de favoriser les cultures végétales à l'élevage animal et de limiter l'usage de fertilisants et de produits phytosanitaires dans les aires de protection intermédiaires, particulièrement dans l'aire de protection intermédiaire bactériologique.
- Des routes traversent les aires de protection intermédiaires. Il serait opportun de se doter d'une stratégie de réduction des applications de sels de déglçage dans les aires de protection bactériologique et virologiques afin de limiter les risques de contamination de l'eau souterraine.
- La région de Charlevoix présente une forte activité sismique, ce qui pourrait mener à une altération de la qualité ou de la quantité de l'eau souterraine prélevée par le puits en cas

d'important aléa naturel. Il serait approprié d'évaluer les différents scénarios possibles et de mettre en place un plan d'action en cas de tremblement de terre.

# RÉFÉRENCES

- Association canadienne du propane. 2021. À propos du propane. [En ligne] <https://propane.ca/fr/avantages-environnementaux/> Consulté le 27 janvier 2021.
- Baie-Saint-Paul. 2020. Règlement du plan d'urbanisme durable. 122 pages. [En ligne] [http://www.baiesaintpaul.com/public\\_upload/files/citoyen/r629-2015-planurbanisme-mars2020.pdf?v=33400](http://www.baiesaintpaul.com/public_upload/files/citoyen/r629-2015-planurbanisme-mars2020.pdf?v=33400) Consulté le 27 janvier 2021.
- Bing. 2021. Couche géomatique d'orthophotos « Aerial ». [En ligne]. Consultée en janvier 2021.
- Bordeleau, G., V. Blais et V. Nadeau. 2008. Contamination des eaux souterraines par les lixiviats de cimetières. INRS. 3 pages. [En ligne]. <http://espace.inrs.ca/id/eprint/6847/1/2008-01.pdf> Consulté en juin 2020.
- Charbonneau, P. 2006. Sels de voirie : une utilisation nécessaire, mais lourde de conséquences. Le naturaliste Canadien. Vol. 130. Pages 75 à 81. [En ligne] [http://cmap.ulaval.ca/rid=1QLWPHXSW-1YN48Z5-T1/130\\_1%20p%2075-81.pdf](http://cmap.ulaval.ca/rid=1QLWPHXSW-1YN48Z5-T1/130_1%20p%2075-81.pdf) Consulté en mars 2020.
- Andrée-Anne Tremblay. 2020. Agrandissement du parc industriel : Saint-Urbain reçoit un avis défavorable. CIHO FM. [En ligne] <https://cihofm.com/nouvelles/Agrandissement-du-parc-industriel-Saint-Urbain-recoit-un-avis-defavorable-2020-12-01-05-00> Consulté en janvier 2021.
- Colléau, E., F. Huchet, M. Raynauld, J.-M. Ballard, R. Mathis, V. Vergnaud et R. Lefebvre. 2021. Évaluation géochimique du risque de contamination des captages municipaux – Puits P-2 de la municipalité de Baie-Saint-Paul (ID MELCC : X2129308-1). Fiche technique réalisée par l'INRS dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines en Estrie (PACES Estrie). INRS, Centre Eau Terre Environnement. Québec. 7 pages.
- Desgagnés, E. 2019. Agrandissements du parc industriel : des citoyens de Saint-Urbain inquiets. CIHO FM. [En ligne]. <https://www.cihofm.com/nouvelles/Agrandissement-du-parc-industriel-des-citoyens-de-St-Urbain-inquiets-2019-03-12-17-25> Consulté en août 2020.
- Dufour, Luc. 2021. Directeur des travaux publics à la Ville de Saint-Urbain. Communication personnelle au sujet des sablières à Saint-Urbain et à Baie-Saint-Paul.
- Environnement Canada. 2012. Five-year Review of Progress: Code of Practice for the Environmental Management of Road Salts. Environnement Canada. 84 pages. [En ligne] [https://www.ec.gc.ca/sels-salts/45D464B1-96CC-4A27-8B96-42224F3C3CD5/COM1481\\_five\\_year\\_Code\\_E-\\_v3.pdf](https://www.ec.gc.ca/sels-salts/45D464B1-96CC-4A27-8B96-42224F3C3CD5/COM1481_five_year_Code_E-_v3.pdf) Consulté en mars 2020.
- Gouvernement du Canada. 2009. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – l'acide 2,4-dichlorophénoxyacétique. Santé Canada. 13 pages. [En ligne]. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-acide-2-4-dichlorophenoxyacetique.html> Consulté en juillet 2020.

Gouvernement du Canada. 2015. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – le glyphosate. Santé Canada. 6 pages. [En ligne].  
<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-glyphosate.html> Consulté en juillet 2020.

Gouvernement du Québec. 2010. Données géomatiques au sujet des routes et des voies ferrées.

Gouvernement du Québec. 2014. Guide de gestion des eaux pluviales. Stratégies d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs et Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire. 386 pages. [En ligne]  
<http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide-gestion-eaux-pluviales.pdf> Consulté en mars 2020.

Gouvernement du Québec. 2016. Contamination de l'eau potable d'un puits. [En ligne]  
<https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/eau-potable/contamination-de-l-eau-potable-d-un-puits/nitrates-nitrites/#:~:text=Vous%20devriez%20%C3%A9viter%20de%20consommer,ils%20ne%20s'%C3%A9vaporent%20pas> Consulté le 25 janvier 2021.

Gouvernement du Québec. 2020. Données géomatiques au sujet des ponts, des barrages, des lignes électriques à haute tension, des prises d'eau, des stations d'épuration, des terrains contaminés et des ouvrages de surverse.

Hydro-Québec. 2013. Maîtrise intégrée de la végétation dans les emprises. [En ligne]  
[https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/19\\_MaitriseIntegreeVegetation.pdf](https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/19_MaitriseIntegreeVegetation.pdf)  
Consulté le 31 janvier 2021.

Justine Wolfe. 2021. Communication personnelle. Directrice de compte au Train de Charlevoix. Appel téléphonique le 27 janvier 2021.

Lacasse, C., A. Chaussadent, F.A. D. Tarte, et V. Leroy. 2014. Étude d'impact des épandages de produits de voirie sur les milieux naturels et stratégie d'intervention durable pour la municipalité de Sainte-Anne-Des-Lacs. Université de Sherbrooke. 160 pages. [En ligne] [https://www.sadl.qc.ca/wp-content/uploads/2016/01/Rapport\\_final\\_SADL.pdf](https://www.sadl.qc.ca/wp-content/uploads/2016/01/Rapport_final_SADL.pdf) Consulté en mars 2020.

MDDEP. 2010. Rapport d'analyse environnementale pour le projet du Train de l'Est sur le territoire des municipalités régionales de comté des Moulins et de L'Assomption par l'Agence métropolitaine de transport. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Gouvernement du Québec. 66 pages. [En ligne]. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/evaluations/decret/2010/85-2010.pdf>

MELCC. 2016. Bilan des plans de réduction des pesticides sur les terrains de golf au Québec pendant la période 2012-2014. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Gouvernement du Québec. 36 pages. [En ligne].

<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/pesticides/permis/code-gestion/guide-golf/bilan.htm> Consulté en décembre 2020.

MRC de Charlevoix. 2012. Schéma d'aménagement et de développement. [En ligne] <http://www.mrccharlevoix.ca/mrc/amenagement-du-territoire-et-urbanisme/schema-damenagement/> Consulté en janvier 2021.

MRC de Charlevoix. 2020. Partage de documents géomatiques internes au sujet des affectations du territoire et usages du sol.

NPIC. 2019. Glyphosate General Fact Sheet. National Pesticid Information Center. [En ligne]. <http://npic.orst.edu/factsheets/glyphogen.html> Consulté en juillet 2020.

OBV Charlevoix-Montmorency. 2019. Données géomatiques de caractérisation des écoulements dans la vallée du Gouffre.

OBV Charlevoix-Montmorency. 2020. Données géomatiques internes au sujet des routes.

Robitaille, J-P. 2011. Les sels de voirie au Québec : Proposition d'une démarche de gestion environnementale spécifique aux zones vulnérables. Sherbrooke. Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement. Université de Sherbrooke. 115 pages. [En ligne] [https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2011/Robitaille\\_JP\\_\\_12-07-2011\\_.pdf](https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2011/Robitaille_JP__12-07-2011_.pdf) Consulté en mars 2020.

Santé Canada. 2013. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique — Le nitrate et le nitrite. Bureau de la qualité de l'eau et de l'air. Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs. Santé Canada. Ottawa (Ontario). 131 pages. [En ligne]. <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-nitrate-nitrite-eau/alt/water-nitrate-nitrite-eau-fra.pdf> Consulté en juillet 2020.

Safewater. 2021. Pesticides and Water Pollution. [En ligne] <https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2017/1/23/pesticides#:~:text=Many%20pesticides%20bind%20strongly%20to%20soil%20and%20are%2C%20therefore%2C%20immobile.&text=If%20the%20pesticide%20is%20not,ground%20water%20is%20relatively%20high> Consulté le 26 janvier 2021.

Siegel, L. 2007. Hazard identification for human and ecological effects of sodium chloride road salt. State of New Hampshire Department of Environmental Services. Water Division, Watershed Management Bureau. 15 pages. [En ligne] <http://www.rebuildingi93.com/documents/environmental/Chloride-TMDL-Toxicological-Evaluation.pdf> Consulté en mars 2020.

USGS. 2021. Groundwater-Level Response to Earthquakes. [En ligne] [https://water.usgs.gov/ogw/bgas/eq-gw/#:~:text=The%20most%20common%20groundwater%2Dlevel,is%20a%20water%2Dlevel%20oscillation.&text=Step%20changes%20in%20groundwater%20levels,and%20permanent%20strain%20\(deformation\)](https://water.usgs.gov/ogw/bgas/eq-gw/#:~:text=The%20most%20common%20groundwater%2Dlevel,is%20a%20water%2Dlevel%20oscillation.&text=Step%20changes%20in%20groundwater%20levels,and%20permanent%20strain%20(deformation)) Consulté le 31 janvier 2021.



# ANNEXE 1

Cette annexe présente la liste des propriétaires et des organisations avec lesquels l'OBV-CM a tenté de communiquer dans le cadre de l'inventaire des activités anthropiques dans les aires de protection du puits du centre-ville de Baie-Saint-Paul. La mention « non rejoint » signifie que l'OBV-CM n'a pas été en mesure de parler avec le propriétaire ou l'organisation en quelconque, par exemple parce qu'il ne parvenait pas à trouver son numéro de téléphone ou parce que personne ne répondait au numéro désigné. Au moins trois essais ont été effectués pour chaque propriétaire ou organisation.

## AGRICULTURE

- Ferme Filbaie inc. (juin 2020 et janvier 2021)
- Ferme du Gouffre SENC (juin 2020)
- Ferme La Remi SENC (juin 2020)
- Leonard Simard (juin 2020; non rejoint)
- Sylvain Simard (juin 2020)
- Jean Fortin (Juin 2020)
- Les Viandes Biologiques de Charlevoix (juin 2020)
- La Ferme Pérou inc. (juin 2020)
- La Laiterie Charlevoix (juin 2020)
- Ferme La Marre inc. (juin 2020, non rejoint)
- Ferme Barjo inc. (juin 2020; non rejoint)
- Ferme Woodwardi (juin 2020)
- Simon Gagnon (juin 2020)
- Denis Dufour (juin 2020; non rejoint)
- Michel Page (juin 2020)
- Ferme Ho-Bopaire SENC (juin 2020; non rejoint)
- Normand Simard (juin 2020; non rejoint)
- Brigitte Guay (juin 2020)
- Alain Simard (juin 2020)
- Denise Bélanger (juin 2020; non rejointe)
- Gestion Jean-Pierre Tremblay inc. (juin 2020)
- Robert Fortin (juin 2020)
- Maison d'affinage M. Dufour inc. (juin 2020)
- Marcel Bradet (juin 2020)
- Ferme Lombrette inc. (juin 2020)
- Glorianne Girard (juin 2020; non rejointe)
- Pierre Gauthier (juin 2020)
- Jules-Fabien Simard (juin 2020; non rejoint)
- Joseph Pilote (juin 2020)

- Bernard Pilote (juin 2020)
- Jean-Eudes Dufour (juin 2020; non rejoint)
- Rémy Simard (juin 2020)
- François Leblanc (juin 2020)
- Ferme Duchesne Lajoie inc. (juin 2020; non rejoint)
- Pierre Tremblay (janvier 2021)
- Nicol Simard (juillet 2020)
- Jacques Saulnier (juillet 2020; non rejoint)
- Groupe Pierre du Moulin inc. (juillet 2020)
- Héritage Charlevoix (juillet 2020)
- Maurice Dufour (juillet 2020)
- Étienne Tremblay (juillet 2020)
- Éric Gauthier (juillet 2020)
- Antonin Gilbert (juillet 2020)

## GARAGES, CONCESSIONNAIRES AUTOMOBILES ET STATIONS-SERVICES

- Simard Suspension inc. (juillet 2020)
- Garage Jean-Roch Thibeault inc. (juillet 2020)
- Garage Charlevoix inc. (juillet 2020)
- KIA Charlevoix (juillet 2020)
- Gestion TFB inc. (juillet 2020)
- Atelier mécanique Dufour (juillet 2020)
- Garage municipal Baie-Saint-Paul (juillet 2020)
- Construction MP (juillet 2020)
- Construction St-Gelais (juillet 2020; non rejoint)
- Transport Croft (juillet 2020)
- Les Entreprises forestières Charles Pilote inc. (juillet 2020)
- Garage Centre de l'Auto (juillet 2020)
- Baie-Saint-Paul Chrysler (juillet 2020)
- Garage Bernard Bouchard (juillet 2020)
- Procolor (juillet 2020)
- Charlevoix automobile inc (juillet 2020)
- Garage A-Côté (juillet 2020)
- André-Marie Simard (juillet 2020)
- Gestion Pro-Cat inc. (juillet 2020)
- Garage FG (juillet 2020; non rejoint)
- Pétro-Canada (juillet 2020)
- Irving (juillet 2020)
- Garage P.H. Ménard inc. (juillet 2020; non rejoint)

## USINES ET INDUSTRIES

- BFCO inc. (juillet 2020)
- Béton Provincial (juillet 2020)
- Thermafix-BSP (juillet 2020)
- Atelier la Cir-constance (juillet 2020; non rejoint)
- Éco Centre (juillet 2020)
- SANI Charlevoix (juillet 2020; non rejoint)
- Atelier Mécanique Dufour (juillet 2020)
- Décoration Suzanne (juillet 2020)
- Boucherie et Charcuterie Lyn Tremblay inc. (juillet 2020; non rejoint)
- Laiterie Charlevoix inc. (juin 2020)
- Gestion Bistro Brasserie inc. (juillet 2020)

## COMMERCE DE DÉTAIL

- Écotone P. N. Gariépy

## RESTAURANTS ET HÔTELS

- Brasserie l'Ambiance (juillet 2020; non rejoint)
- Le Mouton noir (juillet 2020)
- Le Saint-Pub (juillet 2020)
- Maurice Savard (juillet 2020)
- Mikes (juillet 2020)
- Boutique culinaire Les Deux Sœurs (juillet 2020)
- Chez Pineault (juillet 2020)
- Le Petit Régal (juillet 2020)
- Le Café des Artistes (juillet 2020; non rejoint)
- McDonald (juillet 2020)
- Le Rondpoint (juillet 2020)
- Tim Hortons (juillet 2020)
- Le Diapason (juillet 2020)
- Restaurant La Batture (juillet 2020; non rejoint)
- La Maison Otis (juillet 2020)
- Le Gourmet (juillet 2020)
- Hotel aux portes du soleil (juillet 2020)
- Chez Laurent (juillet 2020)
- Gîte Esprit-Follet (juillet 2020)
- À la chouette maison (juillet 2020)
- Aubert et Bistro La Muse (juillet 2020; non rejoint)

- Al Dente (juillet 2020)
- Auberge Ancrage (juillet 2020)
- Orange-Bistro (juillet 2020)
- Hotel et Spa Le Germain (juillet 2020; non rejoint)

## GOLF

- Golf Le Loup (juillet 2020)

## COOPÉRATIVE FUNÉRAIRE

- Coopérative funéraire Charlevoix-ouest (juillet 2020)