

Analyse de la vulnérabilité de la source pour le prélèvement d'eau souterraine



Janvier 2021

N^{os} X1100132-1 et X1100132-2

Ville de New Richmond

Analyse de la vulnérabilité de la source pour le prélèvement d'eau souterraine

N^{os} X1100132-1 et X1100132-1

VILLE DE NEW RICHMOND
ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LE PRÉLÈVEMENT D'EAU SOUTERRAINE
NOS X1100132-1 ET X1100132-1

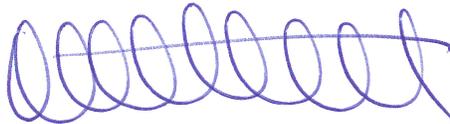
Rapport destiné à	Ville de New Richmond
Responsable client	M. Jean-Sébastien Bourque
Diffusion	Publique
Dépôt	29 janvier 2021
Dépôt de la version révisée	15 février 2021
N/Réf.	1336

Photographies : PESCA Environnement

ÉQUIPE DE RÉALISATION

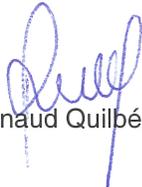
PESCA Environnement

Directrice de projet



Marjolaine Castonguay, biologiste, M. Sc.

Chargé de projet



Renaud Quilbé, hydrologue, Ph. D.

Envir'eau Puits

Hydrogéologue



Rénaud McCormack, géo., hydrogéologue

□ **TABLE DES MATIÈRES**

RÉSUMÉ.....	1
1 MISE EN CONTEXTE	3
2 CARACTÉRISATION DU PRÉLÈVEMENT DE L'EAU	3
2.1 Description du site de prélèvement.....	3
2.2 Description de l'installation de production d'eau potable.....	6
2.3 Plan de localisation des aires de protection du site de prélèvement.....	6
2.4 Niveaux de vulnérabilité des aires de protection	8
3 INVENTAIRE DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES	8
4 INVENTAIRE DES ÉVÉNEMENTS POTENTIELS	13
5 INVENTAIRE DES AFFECTATIONS DU TERRITOIRE.....	15
6 IDENTIFICATION DES PROBLÈMES AVÉRÉS	20
7 INFORMATIONS MANQUANTES.....	20
BIBLIOGRAPHIE.....	21

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Caractéristiques des puits du site de prélèvement de New Richmond.....	5
Tableau 2	Niveaux de vulnérabilité des aires de protection	8
Tableau 3	Activités anthropiques et évaluation des menaces	11
Tableau 4	Événements potentiels et évaluation des menaces associées.....	14
Tableau 5	Inventaire des affectations du territoire	16

 LISTE DES FIGURES

Figure 1	Site de prélèvement d'eau et installation de production d'eau potable.....	4
Figure 2	Site de prélèvement d'eau de la Ville de New Richmond, 12 juin 2020	5
Figure 3	Puits principal (puits 1), 12 juin 2020	5
Figure 4	Aires de protection du site de prélèvement d'eau	7
Figure 5	Principales activités anthropiques dans les aires de protection	10

 LISTE DES ANNEXES

Annexe A	Plan des puits
Annexe B	Détermination des aires de protection et de la vulnérabilité de l'eau souterraine

Résumé

Le site de prélèvement d'eau de la ville de New Richmond est constitué de deux puits tubulaires situés dans la plaine inondable de la Petite rivière Cascapédia et aménagés en 1997. L'eau y est puisée dans le matériel granulaire constituant les dépôts meubles et est acheminée à une installation de distribution incluant un traitement de l'eau par chloration.

Les aires d'alimentation et de protection de ces puits ont été révisées, de même que le niveau de vulnérabilité de l'eau souterraine au sein de ces aires. Le niveau de vulnérabilité obtenu est élevé dans l'ensemble des aires de protection. Le territoire couvert par les aires de protection est principalement forestier. Il comprend également quelques terres agricoles et des résidences, principalement le long du chemin de Saint-Edgar. Le potentiel de risque associé aux activités anthropiques inventoriées ainsi qu'aux événements potentiels varie de très faible à élevé. Toutefois, aucun problème avéré de qualité de l'eau n'a été signalé au cours des cinq dernières années, ce qui confirme le faible risque de contamination du site de prélèvement d'eau potable.

1 Mise en contexte

La ville de New Richmond était alimentée en eau par un réservoir artificiel situé dans le ruisseau Garant jusqu'en 1997. En raison de problèmes récurrents relatifs à la quantité et à la qualité de l'eau ainsi qu'à la vétusté des installations, la Ville de New Richmond a entamé en 1994 des démarches en vue d'aménager une prise d'eau souterraine, ce qui a été réalisé en 1997. Les infrastructures (poste de pompage, conduites, chemin d'accès) ont été construites en 1998. Les aires d'alimentation et de protection déterminées au moment de l'étude hydrogéologique en 1997 ont été révisées en 2006 (Technisol, 2006), conformément au Règlement sur le captage des eaux souterraines (RCES).

En 2020, la Ville de New Richmond a mandaté PESCA Environnement pour effectuer une analyse de vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable, comme le prescrit le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP). Celle-ci a été réalisée conformément au *Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable au Québec* (MELCC, 2018).

De plus, en raison de la présence d'activités agricoles à proximité du site de prélèvement de l'eau, une nouvelle délimitation des aires d'alimentation et de protection a été réalisée.

2 Caractérisation du prélèvement de l'eau

2.1 Description du site de prélèvement

Le prélèvement d'eau de la ville de New Richmond est situé à proximité de la Petite rivière Cascapédia (figure 1).

Le prélèvement d'eau est constitué d'un puits permanent (puits 1) et d'un puits d'appoint (puits 2) distants de 3 m et situés dans la plaine inondable de la Petite rivière Cascapédia. Les caractéristiques de chaque puits sont présentées au tableau 1 et une vue en coupe des puits et de leur environnement immédiat, à l'annexe A. Les puits sont aménagés dans une unité géologique non consolidée de très grande perméabilité apparaissant sur une largeur moyenne d'environ 1 km dans la vallée de la Petite rivière Cascapédia.

L'autorisation pour l'aménagement du site de prélèvement et l'installation de production d'eau potable en vertu de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement a été délivrée par le ministère de l'Environnement le 22 juillet 1997 (n° 1118098). Le débit de pompage autorisé était de 33 L/s pour chacun des deux puits. Aucun débit de pompage en m³/j n'y est mentionné. Une modification d'autorisation a été délivrée le 12 octobre 1999 relativement à l'installation de la conduite d'aqueduc sous le lit de la Petite rivière Cascapédia.



Puits municipal



Installation de production d'eau potable

Éléments du milieu

- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent
- Plan d'eau
- Route nationale
- Route secondaire
- Voie ferrée
- Courbe de niveau (équid. 10 m)



Figure 1

Site de prélèvement d'eau et installation de production d'eau potable

Source :
 © Gouvernement du Québec, 2016
 BDTQ, 1 : 20 000, 2007
 BDGA, 1M, 2015

0 300 600 m
 Nad 83, MTM, fuseau 5

22 janvier 2021



Tableau 1 Caractéristiques des puits du site de prélèvement de New Richmond

N° du site de prélèvement	X1100132-1	X1100132-2
Nom du site de prélèvement	New Richmond Puits 1	New Richmond Puits 2
N° d'approvisionnement	20933	20941
Usage	Permanent	Appoint
Type	Puits tubulaire	Puits tubulaire
Année d'installation	1997	1997
Coordonnées géographiques (NAD83)	48,176839 -65,824239	48,176824 -65,824217
Diamètre du puits (mm)	600	400
Profondeur par rapport au niveau naturel du sol (m)	9,70	7,93
Géologie	Matériau granulaire constitué d'une couche de sable silteux de 0,75 m d'épaisseur sur du gravier et sable avec traces de silt	
Longueur de crépine (m)	2,32	2,50
Longueur de la chambre de pompage sous la crépine (m)	2,00	3,00
Débit de la pompe (L/s)	33	33

Source : (Technisol, 1997a, 1997b)

Selon les observations réalisées sur le site le 12 juin 2020, les puits sont en bon état (figures 2 et 3). Ils sont aménagés sur une dalle de béton, sur un remblai de forme octogonale avec des pentes de 2H:1V. Les pentes du côté nord-est (vers la rivière) sont empierrées. Une clôture est présente autour du remblai.

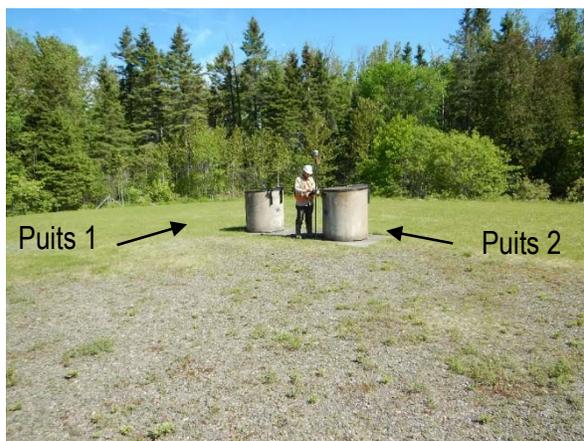


Figure 2 Site de prélèvement d'eau de la Ville de New Richmond, 12 juin 2020



Figure 3 Puits principal (puits 1), 12 juin 2020

Une conduite d'alimentation de 200 mm de diamètre relie les puits au poste de pompage situé à 330 m à l'est, en bordure du chemin de Saint-Edgar (figure 1).

2.2 Description de l'installation de production d'eau potable

Les deux puits sont équipés d'une pompe fournissant un débit de 33 L/s. Ces pompes fonctionnent en alternance, jusqu'à 16 h par jour dans les périodes de pointe (p. ex. durant l'été 2020). Un réservoir souterrain de 3 000 m³ se trouve sous le poste de pompage.

Le traitement de l'eau consiste en une chloration par ajout d'hypochlorite liquide. La solution est ajoutée par pompe doseuse et la concentration de la solution est ajustée en fonction de la demande en eau. La concentration visée à la sortie est de 0,3 mg/L (communication personnelle, M. Jean-Sébastien Bourque, directeur du service de l'urbanisme, Ville de New Richmond, 6 novembre 2020).

L'installation de distribution d'eau potable porte le numéro X0008366 au Répertoire des installations municipales de distribution d'eau potable (MELCC, 2021). Elle dessert 2 850 personnes.

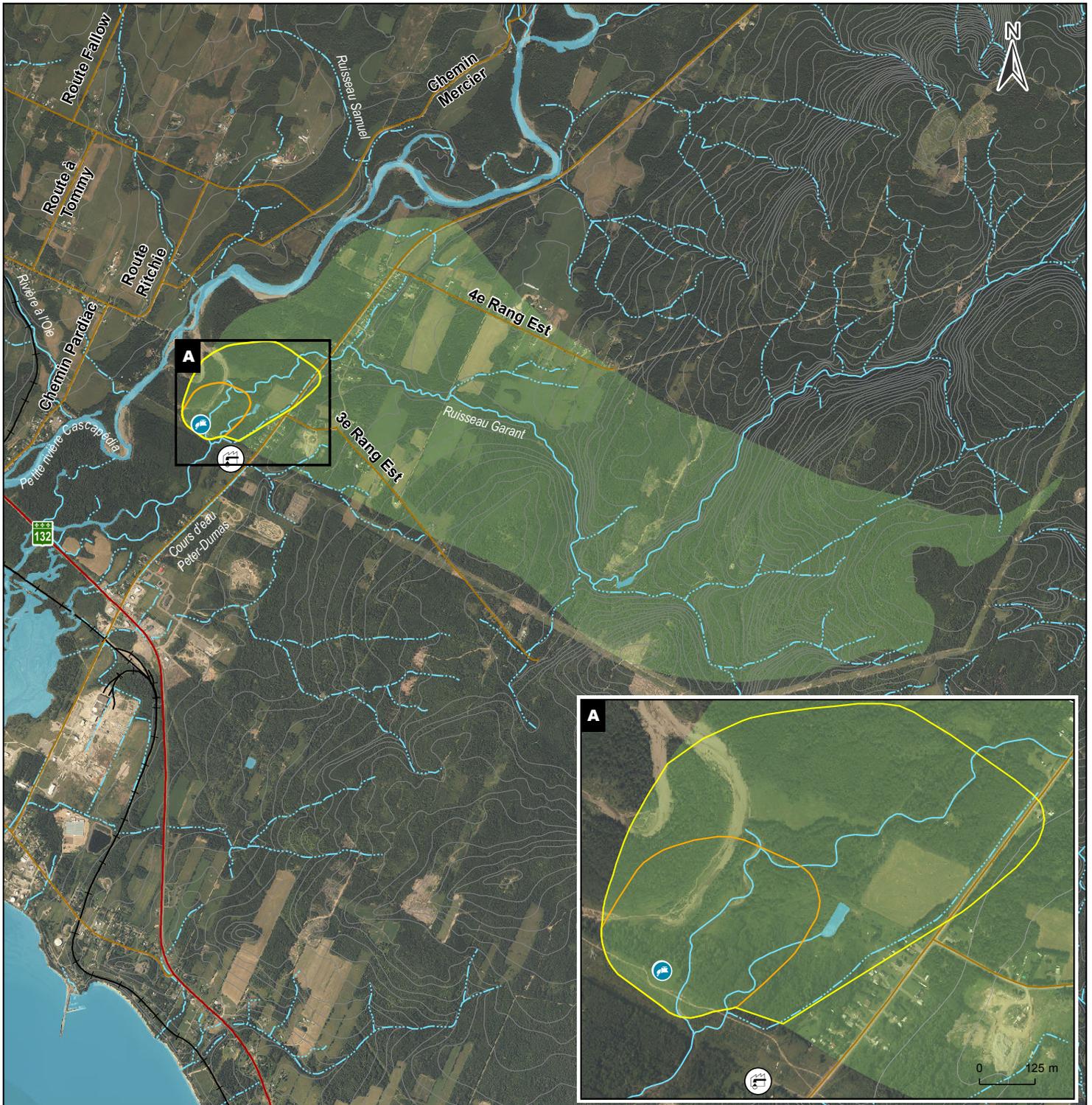
2.3 Plan de localisation des aires de protection du site de prélèvement

Les aires de protection ont été déterminées par modélisation à l'aide du logiciel de numérisation ModelMuse 6.0 qui utilise le code de MODFLOW 6. Les données utilisées et les étapes de calcul sont détaillées à l'annexe B.

Ces aires de protection ont été calculées en considérant le débit recommandé de 1 800 L/min (2 592 m³/jour) afin de répondre aux besoins en eau de la Ville (Technisol, 1997b). Cette valeur est supérieure aux débits de consommation moyenne fournis par la Ville de New Richmond pour les années 2010 à 2020 et a été retenue car elle excède de 400 m³/jour l'année où la consommation a été la plus élevée au cours de cette période.

Les données hydrogéologiques utilisées proviennent des études hydrogéologiques réalisées en 1996 et en 1997 au moment de la recherche en eau, des suivis réalisés dans les deux puits d'alimentation en eau potable par la Ville de New Richmond ainsi que de 12 tranchées réalisées dans le contexte de la présente étude en juin 2020. Ces tranchées ont également permis de confirmer la présence de dépôts très grossiers et de cailloux arrondis sur une distance d'au moins 2 km vers le nord. Des piézomètres ont été aménagés dans six de ces tranchées pour un suivi du niveau de l'eau souterraine durant l'été 2020.

À la suite de la calibration et de l'analyse de sensibilité du modèle, des simulations de suivi de particules (*particle tracking*) ont été effectuées afin de déterminer l'étendue des aires de protection intermédiaire bactériologique (200 jours) et intermédiaire virologique (550 jours) ainsi que de l'aire de protection éloignée (long terme). Les aires de protection ainsi obtenues sont représentées à la figure 4. Elles sont situées en totalité sur le territoire de la ville de New Richmond.



- | | | | | |
|----------------------------|---|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | Puits municipal | Éléments du milieu | | Cours d'eau permanent |
| | Installation de production d'eau potable | | Cours d'eau intermittent | |
| Aires de protection | | | Plan d'eau | |
| | Intermédiaire bactériologique (200 jours) | | Route nationale | |
| | Intermédiaire virologique (550 jours) | | Route secondaire | |
| | Éloignée | | Voie ferrée | |
| | | | Courbe de niveau (équid. 10 m) | |



Figure 4
Aires de protection du site de prélèvement d'eau de New Richmond

Source :
© Gouvernement du Québec, 2016
BDTQ, 1 : 20 000, 2007

0 400 800 m
Nad 83, MTM, fuseau 5

22 janvier 2021



2.4 Niveaux de vulnérabilité des aires de protection

Le niveau de vulnérabilité de l'eau souterraine à l'intérieur des aires de protection a été déterminé à l'aide des données recueillies lors de la conception du modèle numérique destiné à la réalisation des aires de protection, des données piézométriques simulées et des données topographiques (annexe B). Les indices DRASTIC obtenus et les niveaux de vulnérabilité associés dans chacune des aires de protection sont présentés au tableau 2. L'indice DRASTIC varie entre 101 et 208 et la vulnérabilité de l'eau souterraine est élevée dans l'ensemble des aires de protection. Une représentation cartographique de la répartition des indices DRASTIC obtenus est présentée à l'annexe B.

Tableau 2 Niveaux de vulnérabilité des aires de protection

Nom de l'aire de protection évaluée	Plage d'indice DRASTIC	Description de la répartition des indices DRASTIC obtenus	Niveau de vulnérabilité des eaux dans l'aire de protection évaluée
Immédiate	200	Résultat obtenu au droit du puits	Élevé
Intermédiaire	140 – 203	Aires de protection intermédiaires bactériologique et virologique	Élevé
Éloignée	101 – 208	Entre 128 et 208 dans la portion des dépôts granulaires Entre 101 et 203 dans la portion du socle rocheux	Élevé

3 Inventaire des activités anthropiques

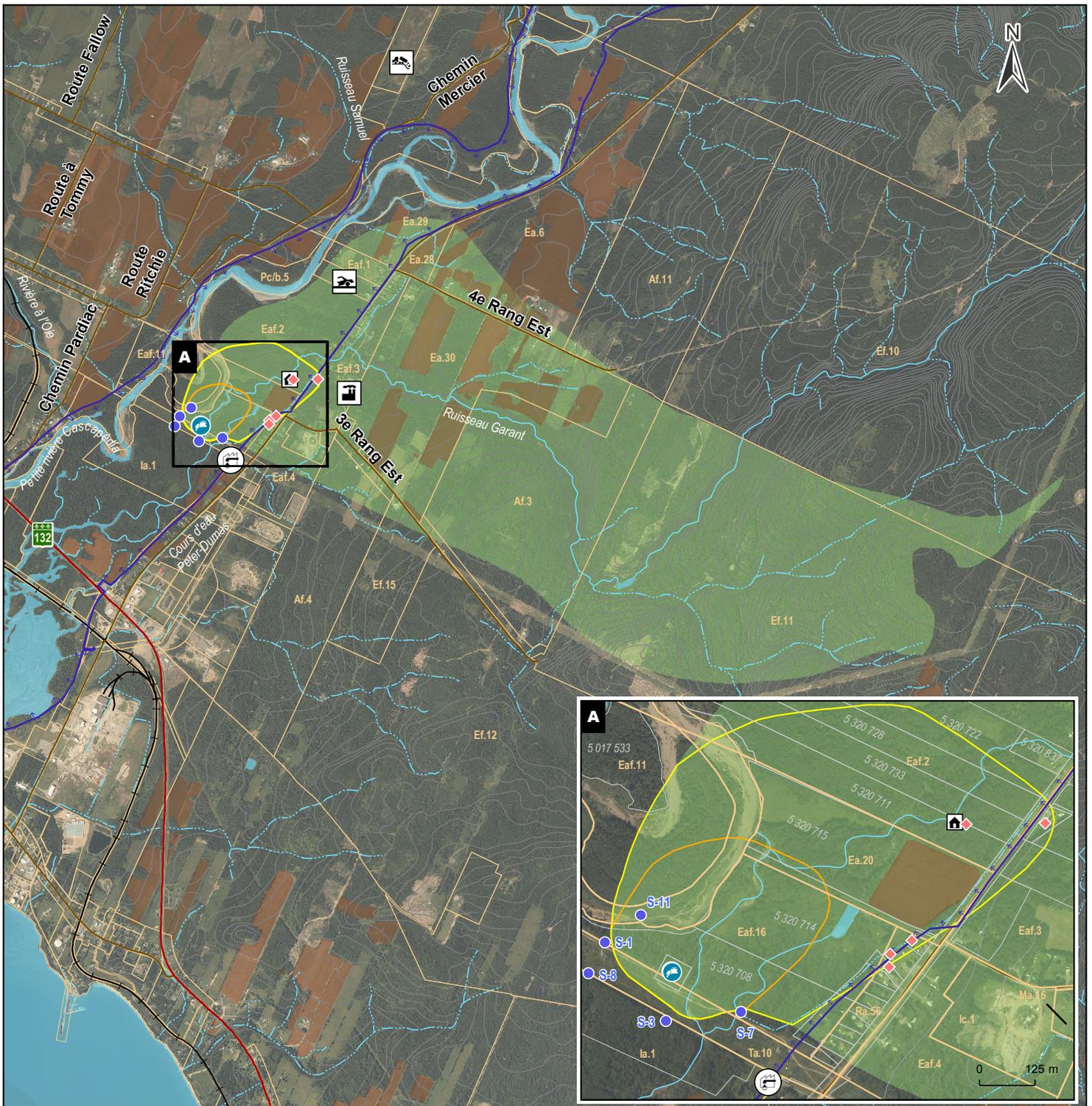
Les principales activités actuelles à l'intérieur des aires de protection des puits d'alimentation de New Richmond sont les habitations résidentielles, l'agriculture, l'exploitation forestière et la villégiature. Des potentiels de risque ont été déterminés pour chaque activité (tableau 3) à l'aide du *Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable au Québec* (MELCC, 2018).

Plusieurs résidences sont situées à l'intérieur ou à proximité immédiate de l'aire de protection intermédiaire virologique, le long du chemin de Saint-Edgar, de même que dans l'aire de protection éloignée. Les systèmes de traitement des eaux usées de ces résidences sont, pour la plupart, constitués de puisards selon les informations transmises par la Ville de New Richmond. Ces systèmes sont des sources probables de contamination bactériologique de l'eau souterraine. Le potentiel de risque associé pour le site de prélèvement d'eau est élevé.

Une terre agricole est située à l'intérieur de l'aire de protection intermédiaire virologique (figure 5). Son exploitation est dédiée à la culture fourragère depuis de nombreuses années et ne fait l'objet d'aucune activité d'épandage (pesticides, engrais, fumier, lisier), conformément aux articles 10.9.1 et 10.9.2 du règlement de zonage de la Ville de New Richmond. Le risque associé pour l'eau souterraine est nul. D'autres terres agricoles sont présentes dans l'aire de protection éloignée; elles ne sont pas soumises aux mêmes restrictions. Ces terres sont également dédiées à la culture fourragère et représentent donc un potentiel de risque faible de contamination de l'eau souterraine.

Un ancien dépotoir de carrosseries et une ancienne scierie sont présents dans l'aire de protection éloignée (figure 5). Selon les informations transmises par la Ville de New Richmond, ils ont cessé leurs activités en 2002 et en 2012, respectivement. Le site de la scierie est maintenant utilisé comme lieu d'entreposage et de transition pour le transport de bois, de façon peu intensive. Le potentiel de risque associé à ce site est faible. Un ancien lieu d'enfouissement sanitaire, fermé en 2004, se trouve à 2,9 km au nord du site de prélèvement, à l'extérieur de l'aire de protection éloignée (figure 5).

Un chalet et des sentiers de VTT sont présents à l'intérieur des aires de protection. Cette exploitation non commerciale de la forêt est susceptible d'apporter ponctuellement des contaminants dans le sol et l'eau souterraine. Le potentiel de risque associé à ces activités est faible.



- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Puits municipal Installation de production d'eau potable Puits d'observation Chalet <p>Aires de protection</p> <ul style="list-style-type: none"> Intermédiaire bactériologique (200 jours) Intermédiaire virologique (550 jours) Éloignée | <ul style="list-style-type: none"> Système de traitement des eaux usées pour résidence isolée Zonage Zone inondable Parcelle agricole cultivée <p>Activités à risque de contamination de l'eau souterraine en 1997</p> <ul style="list-style-type: none"> Dépotoir de carrosserie (jusqu'en 2002) Lieu d'enfouissement sanitaire (jusqu'en 2004) Scierie Entreprises L.P. (jusqu'en 2012) | <p>Éléments du milieu</p> <ul style="list-style-type: none"> Cours d'eau permanent Cours d'eau intermittent Plan d'eau Route nationale Route secondaire Voie ferrée Courbe de niveau |
|--|--|---|



Figure 5
Principales activités anthropiques dans les aires de protection

Source :
© Gouvernement du Québec, 2016
BDTQ, 1 : 20 000, 2007
BDPPAD, 2019

0 400 800 m
Nad 83, MTM, fuseau 5

29 janvier 2021



Tableau 3 Activités anthropiques et évaluation des menaces

Nom de l'activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Localisation	Code CUBF	Nom du CUBF	Aire de protection dans laquelle est réalisée l'activité	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Système de traitement des eaux usées de résidences isolées	Infiltration d'eaux usées dans le sol, contamination bactériologique possible (puisard)	369, chemin de Saint-Edgar lot 5 320 726	1000	Logement	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Microbiologique	Élevé
Système de traitement des eaux usées de résidences isolées	Infiltration d'eaux usées dans le sol, contamination bactériologique possible (puisard)	371, chemin de Saint-Edgar lot 5 320 714	1000	Logement	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Microbiologique	Élevé
Système de traitement des eaux usées de résidences isolées	Infiltration d'eaux usées dans le sol, contamination bactériologique possible (puisard)	386, chemin de Saint-Edgar lot 5 320 842	1000	Logement	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Microbiologique	Élevé
Système de traitement des eaux usées de résidences isolées (probable)	Infiltration d'eaux usées dans le sol, contamination bactériologique possible	393, chemin de Saint-Edgar lot 5 320 711	1100	Chalet ou maison de villégiature	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Microbiologique	Élevé
Système de traitement des eaux usées de résidences isolées	Infiltration d'eaux usées dans le sol, contamination bactériologique possible (fosse septique et champ d'épuration)	375, chemin de Saint-Edgar lot 5 320 727	1000	Logement	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Microbiologique	Moyen
Activité forestière	Coupe forestière non commerciale (probable), déversement possible d'hydrocarbures	393, chemin de Saint-Edgar lot 5 320 711	9219	Exploitation non commerciale de la forêt	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Chimique (hydrocarbures)	Faible
Transport tout-terrain	Sentiers empruntés par des VTT, déversement possible d'hydrocarbures		7499	Autres activités récréatives	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Chimique (hydrocarbures)	Faible
Transport routier	Apport de sel provenant de l'entretien hivernal de la route	Chemin de Saint-Edgar	4590	Autres routes et voies publiques	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Chimique (sels)	Faible
Transport routier	Déversement possible d'hydrocarbures	Chemin de Saint-Edgar	4590	Autres routes et voies publiques	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Chimique (hydrocarbures)	Très faible

Nom de l'activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Localisation	Code CUBF	Nom du CUBF	Aire de protection dans laquelle est réalisée l'activité	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Débroussaillage	Débroussaillage (manuel) dans l'emprise de la ligne de transport d'Hydro-Québec. Déversement possible d'hydrocarbures.		9219	Exploitation non commerciale de la forêt	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Chimique (hydrocarbures)	Très faible
Agriculture	Champ cultivé (cultures fourragères), sans épandage	759, chemin Mercier lot 5 320 715	8139	Autres types de culture végétale	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)		Aucun
Puits d'observation	Puits d'observation aménagés lors des études hydrogéologiques et de la présente analyse de vulnérabilité	99, Place Suzanne-Guité lot 5 016 723	4839	Autres services d'aqueduc et d'irrigation	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)		Aucun
Système de traitement des eaux usées de résidences isolées	Infiltration d'eaux usées vers l'eau souterraine, contamination bactériologique possible	multiples	1000	Logement	Aire de protection éloignée (portion au-delà des aires de protection intermédiaires)	Microbiologique	Moyen
Entreposage de voiture	Ancien dépôt de carrosseries de voitures abimées, déversement possible d'hydrocarbures	451, chemin de Saint-Edgar lot 5 320 891	4611	Garage de stationnement pour automobiles	Aire de protection éloignée (portion au-delà des aires de protection intermédiaires)	Chimique (hydrocarbures)	Très faible
Entreposage et transport de bois	Entreposage et transport de bois sur le site de l'ancienne scierie, déversement possible d'hydrocarbures	175, rang 3E Est lot 6 271 034	4221	Entrepôt pour le transport par camion	Aire de protection éloignée (portion au-delà des aires de protection intermédiaires)	Chimique (hydrocarbures)	Très faible
Agriculture	Champ cultivé (cultures fourragères)	multiples	8139	Autres types de culture végétale	Aire de protection éloignée (portion au-delà des aires de protection intermédiaires)	Microbiologique	Très faible
Agriculture	Champ cultivé (cultures fourragères)	multiples	8139	Autres types de culture végétale	Aire de protection éloignée (portion au-delà des aires de protection intermédiaires)	Chimique (nutriments, pesticides)	Très faible
Exploitation forestière	Coupe forestière commerciale et non commerciale, déversement possible d'hydrocarbures	multiples	8311	Exploitation forestière	Aire de protection éloignée (portion au-delà des aires de protection intermédiaires)	Chimique (hydrocarbures)	Très faible

4 Inventaire des événements potentiels

Les événements potentiels pouvant mener à une contamination de l'eau potable sont les déversements accidentels d'hydrocarbures associés aux véhicules impliqués dans le transport routier ainsi qu'un possible épandage de pesticides dans la ligne de transport d'électricité d'Hydro-Québec. Le potentiel de risque associé est faible à moyen (tableau 4).

Le déversement accidentel d'hydrocarbures relié au transport routier concerne surtout le chemin de Saint-Edgar. Un tel déversement pourrait avoir un impact important sur l'eau souterraine et le site de prélèvement d'eau, mais les probabilités qu'il survienne sont faibles étant donné la faible fréquentation de cette route. Le potentiel de risque obtenu est moyen dans la section de route de 350 m située à l'intérieur de l'aire de protection intermédiaire virologique (350 m) et faible ailleurs.

L'utilisation de produits chimiques pour l'entretien de l'emprise de la ligne de transport d'électricité pourrait représenter un risque de contamination étant donné la proximité avec le site de prélèvement. Ce type de produits n'est pas utilisé en Gaspésie depuis plus de 10 ans et se limite, ailleurs au Québec, à des produits favorisant la dégradation des souches, donc de manière très localisée (communication personnelle, M. Jean-Sébastien Bourque, directeur du service de l'urbanisme, Ville de New Richmond, 6 janvier 2021). Le potentiel de risque est donc très faible.

Tableau 4 Événements potentiels et évaluation des menaces associées

Nom de l'événement potentiel	Nom de l'activité anthropique associée	Description de l'activité anthropique associée	Localisation	Code CUBF	Nom du CUBF	Aire de protection dans laquelle est réalisée l'activité	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Déversement accidentel	Transport routier	Déversement accidentel associé à l'utilisation de la voie publique par les différents moyens de transport	Chemin de Saint-Edgar	4590	Autres routes et voies publiques	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Chimique (hydrocarbures)	Moyen
Épandage de produits phytosanitaires	Épandage de produits phytosanitaires	Désherbage chimique dans l'emprise de la ligne de transport d'Hydro-Québec	284. boul. York Sud, Gaspé	4822	Distribution locale d'électricité	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Chimique	Très faible
Déversement accidentel	Transport routier	Déversements accidentels associés à l'utilisation de la voie publique par les différents moyens de transport	Réseau routier	4590	Autres routes et voies publiques	Aire de protection éloignée (portion au-delà des aires de protection intermédiaires)	Chimique (hydrocarbures)	Faible

5 Inventaire des affectations du territoire

Les aires de protection du site de prélèvement d'eau de New Richmond sont principalement couvertes par des zones agroforestières (tableau 5 et figure 5).

Les usages autorisés sont les suivants :

- Habitations unifamiliales et multifamiliales;
- Services récréatifs;
- Public et institutionnel;
- Usages domestiques;
- Transport, communications et services publics;
- Agriculture, acériculture;
- Production et extraction.

Des restrictions d'usage ont été imposées par la Ville de New Richmond dans un périmètre de protection d'un rayon de 1,6 km défini par la Ville en 1998 à la suite de l'aménagement des puits d'eau potable (Cormier, 1998). Ce périmètre inclut les nouvelles aires de protection intermédiaires déterminées à la section 2 du présent rapport, à l'exception du secteur nord-ouest de l'aire de protection intermédiaire virologique, au nord-ouest du bras mort de la rivière (affectation Eaf.11). Ces restrictions sont décrites aux articles 10.9.1 et 10.9.2 du règlement de zonage de la Ville et concernent certaines activités industrielles (p. ex. : site d'enfouissement, entreposage de produits dangereux, carrière et sablière) ainsi que certaines activités agricoles susceptibles de contaminer l'eau souterraine (p. ex. : épandage de produits chimiques et de matières fertilisantes). Elles contribuent donc à la protection de l'eau souterraine. À la suite de la présente analyse de vulnérabilité, ces restrictions seront applicables à l'intérieur des nouvelles aires de protection intermédiaires, comme il est déterminé à la section 2.

À l'extérieur des aires de protection intermédiaires, certaines activités permises telles que les services récréatifs et les usages domestiques n'engendrent aucun risque de contamination des eaux souterraines et ne sont donc pas incluses dans le tableau 5. Pour les autres activités, la nature et le niveau du risque engendré ont été établis. L'agriculture et les activités du groupe des services public et institutionnel III sont les usages présentant un risque potentiel pour l'eau souterraine.

Tableau 5 Inventaire des affectations du territoire

Nom de l'affectation	Aire ou combinaison d'aires de protection que touche l'affectation	Affectation représentant un risque ou contribuant à la protection	Nom de l'activité anthropique permise représentant un risque	Description de la nature et de l'ampleur du risque associé à l'activité anthropique permise
Agro-forestière à l'intérieur du périmètre urbain (Eaf.16)	Aires de protection immédiate et intermédiaire	Affectation contribuant à la protection	Aucune activité industrielle ou agricole à risque	Aucune activité industrielle, résidentielle ou agricole à risque (ex : élevage, épandage) n'est permise à l'intérieur des aires de protection intermédiaire (art. 16.10.5 du Règlement de zonage).
Agro-forestière à l'intérieur du périmètre urbain (Eaf.2,3)	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Affectation contribuant à la protection	Aucune activité industrielle ou agricole à risque	Aucune activité industrielle, résidentielle ou agricole à risque (ex : élevage, épandage) n'est permise à l'intérieur des aires de protection intermédiaire (art. 16.10.5 du Règlement de zonage)
Zone agricole permanente (Ea.20)	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Affectation contribuant à la protection	Aucune activité agricole à risque	Aucune activité industrielle, résidentielle ou agricole à risque (ex : élevage, épandage) n'est permise à l'intérieur des aires de protection intermédiaire (art. 16.10.5 du Règlement de zonage).
Agro-forestière à l'intérieur du périmètre urbain (Eaf.11)	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Affectation représentant un risque	Agriculture	L'épandage d'engrais, pesticides ou autres produits chimiques représente une source potentielle de contamination. Risque potentiellement élevé.
Agro-forestière à l'intérieur du périmètre urbain (Eaf.11)	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Affectation représentant un risque	Service public et institutionnel I, II et III	Certaines infrastructures peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine en modifiant l'infiltration par l'imperméabilisation d'une grande surface. Possibilité de contamination par des sites d'enfouissements, dépotoirs, dépôt à neige, etc. Risque potentiellement élevé.
Agro-forestière à l'intérieur du périmètre urbain (Eaf.11)	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Affectation représentant un risque	Logement unifamiliale ou multifamiliale	Système de traitement des eaux usées pour résidence isolée qui peut engendrer une contamination bactériologique de l'eau souterraine. Risque moyen.
Habitation familiale et bifamiliale (Ra.56)	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Affectation représentant un risque	Logement unifamiliale ou multifamiliale	Système de traitement des eaux usées pour résidence isolée qui peut engendrer une contamination bactériologique de l'eau souterraine. Risque moyen.
Voie publique	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Affectation représentant un risque	Transport routier	Le déplacement des véhicules implique des risques de déversement d'hydrocarbures. Risque faible.

Nom de l'affectation	Aire ou combinaison d'aires de protection que touche l'affectation	Affectation représentant un risque ou contribuant à la protection	Nom de l'activité anthropique permise représentant un risque	Description de la nature et de l'ampleur du risque associé à l'activité anthropique permise
Transport et communication par voie de terre (Ta.10)	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Affectation représentant un risque	Transport, communication et services publics I	Transports en commun et infrastructures de services publics qui peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine par l'imperméabilisation d'une grande surface. Risque très faible.
Transport et communication par voie de terre (Ta.10)	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Affectation représentant un risque	Service public et institutionnel I	Certaines infrastructures peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine en modifiant l'infiltration par l'imperméabilisation d'une grande surface. Risque très faible.
Agro-forestière à l'intérieur du périmètre urbain (Eaf.11)	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Affectation représentant un risque	Transport, communication et services publics I	Transports en commun et infrastructures de services publics qui peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine par l'imperméabilisation d'une grande surface. Risque très faible.
Zone forestière (Ef.11)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Production et extraction I et II	La mise en place d'infrastructures agricoles peut engendrer une contamination. Les activités d'extraction peuvent également contaminer et modifier l'écoulement des eaux souterraines. Risque élevé
Agro-forestière à l'intérieur du périmètre urbain (Eaf.11)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Service public et institutionnel I, II et III	Certaines infrastructures peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine en modifiant l'infiltration par l'imperméabilisation d'une grande surface. Possibilité de contamination par des sites d'enfouissements, dépotoirs, dépôt à neige, etc. Risque potentiellement élevé.
Agro-forestière à l'intérieur du périmètre urbain (Eaf.1,2,3,4,5, 11)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Agriculture	L'épandage d'engrais, pesticides ou autres produits chimiques représente une source potentielle de contamination. Risque potentiellement élevé.
Zone agricole permanente (Ea.6,28,29,30)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Production et extraction I et II	La mise en place d'infrastructures agricoles peut engendrer une contamination. Les activités d'extraction peuvent également contaminer et modifier l'écoulement des eaux souterraines. Risque élevé
Îlots déstructurés sans condition (Rur 13, 14)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Production et extraction I et II	La mise en place d'infrastructures agricoles peut engendrer une contamination. Les activités d'extraction peuvent également contaminer et modifier l'écoulement des eaux souterraines. Risque élevé

Nom de l'affectation	Aire ou combinaison d'aires de protection que touche l'affectation	Affectation représentant un risque ou contribuant à la protection	Nom de l'activité anthropique permise représentant un risque	Description de la nature et de l'ampleur du risque associé à l'activité anthropique permise
Zone agricole permanente (Ea.6,28,29,30)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Service public et institutionnel I et III	Certaines infrastructures peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine en modifiant l'infiltration par l'imperméabilisation d'une grande surface. Possibilité de contamination bactériologique par des sites d'enfouissements, dépotoirs, dépôt à neige, etc. Risque potentiellement élevé.
Zone forestière (Ef.11,15)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Service public et institutionnel I et III	Certaines infrastructures peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine en modifiant l'infiltration par l'imperméabilisation d'une grande surface. Possibilité de contamination bactériologique par des sites d'enfouissements, dépotoirs, dépôt à neige, etc. Risque potentiellement élevé.
Habitation unifamiliale (Ra), commerce et service (Pb) sans vente de marchandises (Ma.16)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Habitation unifamiliale I	Système de traitement des eaux usées pour résidence isolée qui peut engendrer une contamination bactériologique de l'eau souterraine. Risque moyen.
Zone agricole permanente (Ea.6,20,28,29,30)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Logement unifamiliale ou multifamiliale	Système de traitement des eaux usées pour résidence isolée qui peut engendrer une contamination bactériologique de l'eau souterraine. Risque moyen.
Agro-forestière à l'intérieur du périmètre urbain (Eaf.1,2,3,4,5, 11)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Logement unifamiliale ou multifamiliale	Système de traitement des eaux usées pour résidence isolée qui peut engendrer une contamination bactériologique de l'eau souterraine. Risque moyen.
Zone forestière (Ef.11,15)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Habitation unifamiliale de villégiature ou chalet	Système de traitement des eaux usées pour résidence isolée qui peut engendrer une contamination bactériologique de l'eau souterraine. Risque moyen.
îlots déstructurés sans condition (Rur 13, 14)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Habitation unifamiliale de villégiature ou chalet	Système de traitement des eaux usées pour résidence isolée qui peut engendrer une contamination bactériologique de l'eau souterraine. Risque moyen.
Industrie, commerce et service avec contraintes élevés (IC1)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Service public et institutionnel I	Aucune activité industrielle à risque n'est permise à l'intérieur des aires de protection intermédiaire (art. 16.10.5 du Règlement de zonage). Certaines infrastructures peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine en modifiant l'infiltration par l'imperméabilisation d'une grande surface. Risque très faible.

Nom de l'affectation	Aire ou combinaison d'aires de protection que touche l'affectation	Affectation représentant un risque ou contribuant à la protection	Nom de l'activité anthropique permise représentant un risque	Description de la nature et de l'ampleur du risque associé à l'activité anthropique permise
Zone agricole permanente (Ea.6,28,29,30)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Transport , communication et services publics I	Transports en commun et infrastructures de services publics qui peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine par l'imperméabilisation d'une grande surface. Risque très faible.
Zone forestière (Ef.11,15)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Transport , communication et services publics I	Transports en commun et infrastructures de services publics qui peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine par l'imperméabilisation d'une grande surface. Risque très faible.
îlots déstructurés sans condition (Rur 13, 14)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Transport , communication et services publics I	Transports en commun et infrastructures de services publics qui peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine par l'imperméabilisation d'une grande surface. Risque très faible.
Habitation unifamiliale (Ra), commerce et service (Pb) sans vente de marchandises (Ma.16)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Transport , communication et services publics I	Transports en commun et infrastructures de services publics qui peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine par l'imperméabilisation d'une grande surface. Risque très faible.
Habitation unifamiliale (Ra), commerce et service (Pb) sans vente de marchandises (Ma.16)	Aire de protection éloignée (portion au-delà de l'aire de protection intermédiaire)	Affectation représentant un risque	Commerce de vente et service IV	Transports en commun et infrastructures de services publics qui peuvent avoir un impact sur l'eau souterraine par l'imperméabilisation d'une grande surface. Risque très faible.
Agro-forestière à l'intérieur du périmètre urbain (Eaf.11)	Aire de protection intermédiaire (portion au-delà de l'aire de protection immédiate)	Affectation représentant un risque	Agriculture	L'épandage d'engrais, pesticides ou autres produits chimiques représente une source potentielle de contamination. Risque potentiellement élevé.

6 Identification des problèmes avérés

L'eau brute a été analysée à quatre reprises dans le contexte de la présente étude, entre le 14 juillet et le 25 août 2020. L'eau était chaque fois exempte de bactérie fécale (*E. coli* et entérocoques) et de virus coliphages F-spécifiques. Aucun suivi de l'eau brute n'avait été réalisé depuis 2015 puisque l'eau est traitée par chloration.

Dans l'eau traitée et distribuée, aucun dépassement des critères de qualité de l'eau n'a été détecté lors des échantillonnages réglementaires réalisés depuis 2015. Deux dépassements des concentrations en plomb et en cuivre ont été détectés dans le réseau le 11 août 2020 mais étaient dues à une erreur d'échantillonnage (communication personnelle, M. Dany Boudreau, contremaître travaux publics, Ville de New Richmond, 7 janvier 2021).

Aucun incident n'a eu lieu à proximité des puits selon les informations transmises par la Ville de New Richmond.

7 Informations manquantes

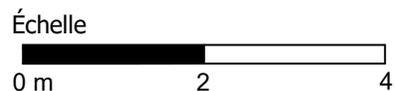
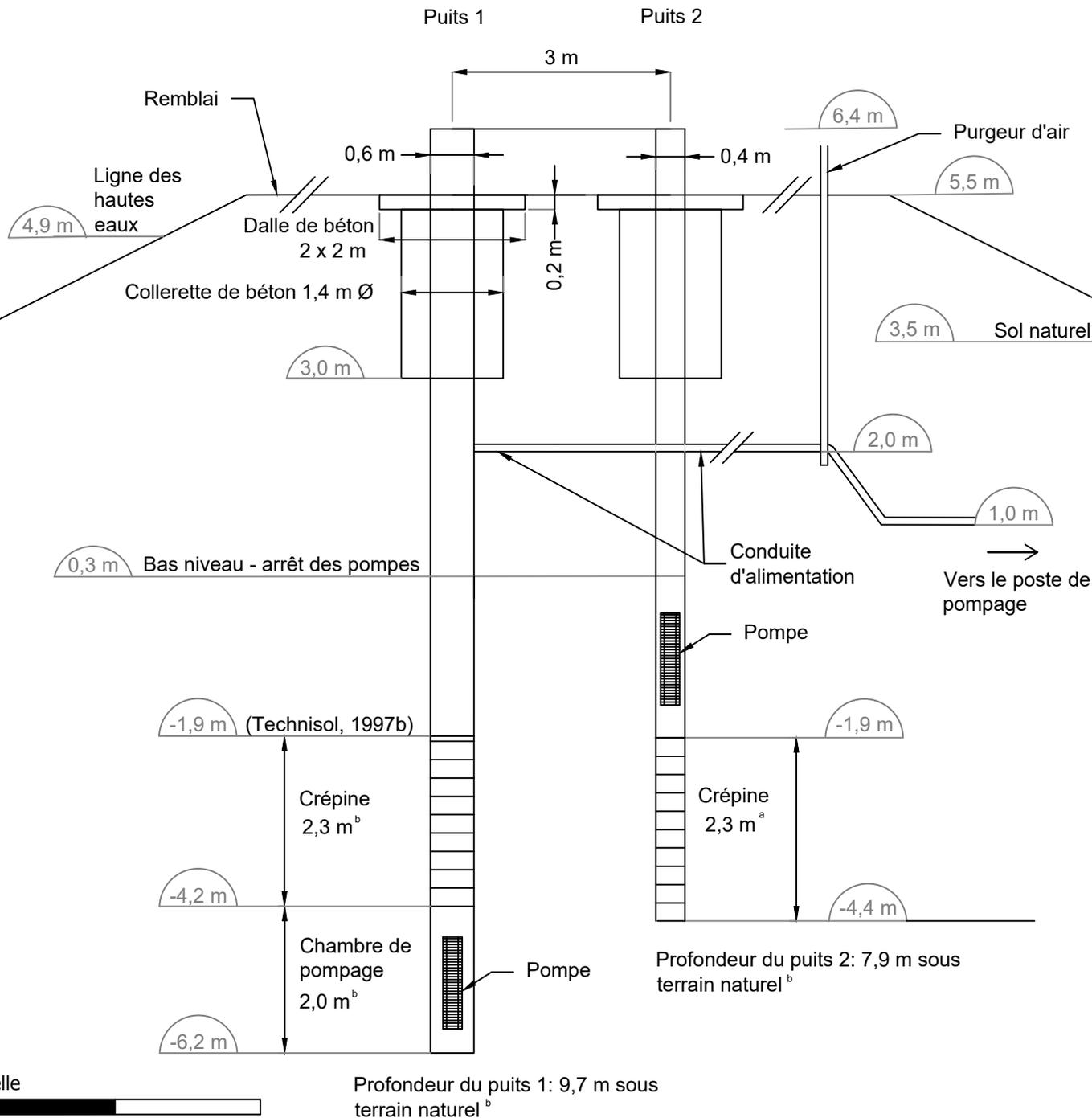
Les informations disponibles ne permettent pas d'évaluer l'efficacité des systèmes de traitement des eaux usées de certaines résidences isolées situées dans les aires de protection, et donc les risques de contamination microbiologique de l'eau souterraine. Il est recommandé de procéder à une vérification des systèmes de traitement présents à l'intérieur et en bordure immédiate de l'aire de protection intermédiaire virologique afin de préciser, le cas échéant, le potentiel de risque associé à ces installations. Un suivi régulier de la qualité microbiologique de l'eau brute au site de prélèvement est également recommandé (*E. Coli*, entérocoques, coliformes totaux et virus coliphages F-spécifiques).

Bibliographie

- Cormier, R. (1998). *Projet de protection du puits d'alimentation en eau potable* (lettre adressée aux Consultants GSP).
- MELCC (2018). *Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. 189 p.
- MELCC (2021). Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. *Répertoire des installations municipales de distribution d'eau potable - Installations de distribution d'eau potable exploitées par des municipalités et desservant une clientèle principalement résidentielle, avec leur type d'approvisionnement*. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/distribution/index.asp> en janvier 2021.
- Technisol (1997a). *Construction du puits d'alimentation. Alimentation en eau. Ville de New Richmond* (lettre adressée à la Ville de New Richmond).
- Technisol (1997b). *Ville de New Richmond. Implantation d'un puits en eau potable dans le secteur de la rivière Petite Cascapédia. Étude hydrogéologique*.
- Technisol (2006). *Ville de New Richmond. Aires d'alimentation et de protection du puits de la ville. Étude géotechnique*.

Annexe A Plan des puits

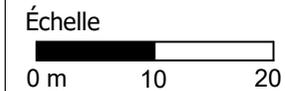
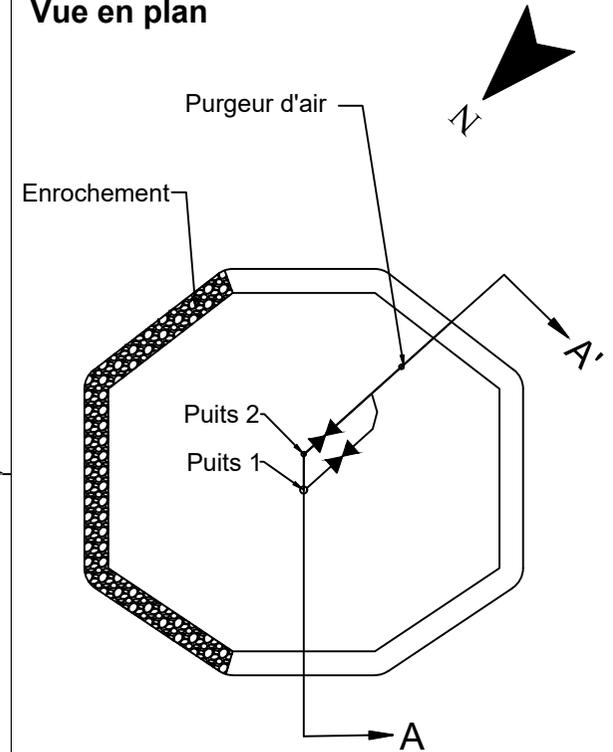
Coupe A-A'



Profondeur du puits 1: 9,7 m sous terrain naturel^b

Profondeur du puits 2: 7,9 m sous terrain naturel^b

Vue en plan



Les éléments indiqués sur le plan proviennent des plans de Les Consultants Lapel (1997), à l'exception de :

- a. Technisol, 1997. Ville de New Richmond. Implantation d'un puits en eau potable dans le secteur de la petite Rivière Cascapédia. Étude hydrogéologique. 18 août 1997.
- b. Technisol, 1997. Construction d'un puits d'alimentation en eau. Ville de New Richmond (Lettre adressée à la Ville de New Richmond le 14 octobre 1997).

Ville de New Richmond
Analyse de vulnérabilité de la source pour le prélèvement d'eau souterraine

Annexe A : plan de l'installation de prélèvement d'eau

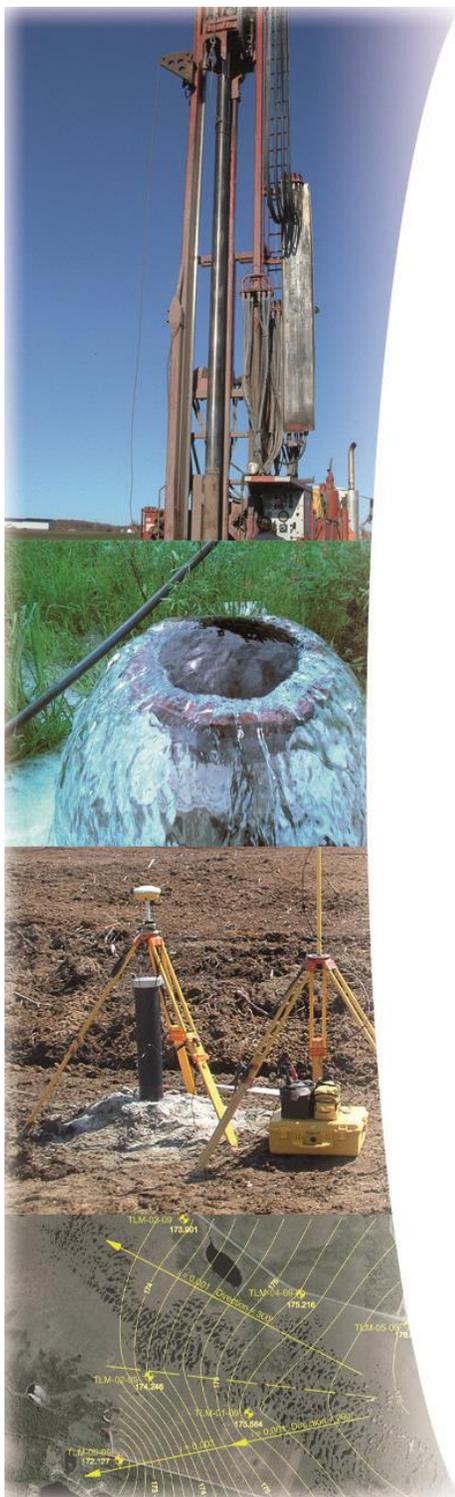
Rév.	Modification	Jj-mm-aaaa	Par



N/Réf. : 1336

Date :	15 janvier 2021	Scscau :		Format :	11 x 8,5
Dessin :	Tamara Provencher				
Approbation :	Renaud Quilbé				1 / 1

Annexe B Détermination des aires de protection et de la vulnérabilité de l'eau souterraine



Rapport d'analyse de la vulnérabilité pour les points de prélèvement d'eau souterraine No X1100132-1 et No X1100132-2

Ville de



NEW RICHMOND

Municipalité de New Richmond

*New Richmond
MRC Bonaventure*

Table des matières

1	Mise en situation.....	1
2	Caractérisation du site de prélèvement	1
2.1	Plan de localisation des aires de protection du site de prélèvement.....	1
2.1.1	Modélisation de l'aire de protection des puits X1100132-1 et X1100132-2.....	15
2.1.1.1	Conception du modèle numérique	16
2.1.1.2	Conditions limites	17
2.1.1.3	Propriétés hydrogéologiques	18
2.1.1.4	Recharge	25
2.1.1.5	Calibration du modèle numérique.....	26
2.1.1.6	Analyse de la sensibilité.....	30
2.1.1.7	Aires de protection.....	31
2.1.1.8	Recommandations et pérennité des résultats	32
2.2	Niveaux de vulnérabilité des aires de protection.....	33

Liste des figures

Figure 1	: Localisation générale.....	3				
Figure 2	: Géologie des dépôts meubles.....	4				
Figure 3	: Géologie du socle rocheux.....	5				
Figure 4	: Localisation des tranchées et direction d'écoulement.....	7				
Figure 5	: S-11	Figure 6	: TR-1.....	8		
Figure 7	: TR-3	Figure 8	: S-17.....	9		
Figure 9	: TR-1 (nappe)	Figure 10	: TR-3 (nappe)	Figure 11	: TR-4 (nappe).....	9
Figure 12	: S-1	Figure 13	: S-3.....	10		
Figure 14	: Aires de protection 1 – intermédiaire.....	13				
Figure 15	: Aires de protection 2 – éloignée.....	14				
Figure 16	: Grille du modèle conceptuel	17				
Figure 17	: Conditions limites	18				
Figure 18	: Localisation des puits utilisés pour la modélisation.....	20				
Figure 19	: Conductivité hydraulique des couches géologiques.....	22				
Figure 20	: Sections transversales de la conductivité hydraulique.....	23				
Figure 21	: Epaisseur des dépôts meubles.....	24				
Figure 22	: Recharge	26				
Figure 23	: Corrélation de l'élévation des niveaux d'eau	27				

Figure 24 : Piézométrie simulée en état statique.....	29
Figure 25 : Analyse de sensibilité – Conductivité hydraulique	30
Figure 26 : Analyse de sensibilité – Recharge.....	31
Figure 27 : Localisation des sondages proposés	32
Figure 28 : Côtes des paramètres DRASTIC 1/2	35
Figure 29 : Côtes des paramètres DRASTIC 2/2	36
Figure 30 : Répartition de l'indice DRASTIC	37

Liste des tableaux

Tableau 1 : Données de consommation annuelle.....	11
Tableau 2 : Caractéristiques de l'aire d'alimentation	15
Tableau 3 : Provenance des informations utilisées.....	16
Tableau 4 : Compilation des données de précipitation.....	25
Tableau 5 : Élévation de la nappe (résultats mesurés vs modélisés).....	27
Tableau 6 : Degré de vulnérabilité en fonction de la valeur de l'indice DRASTIC	33
Tableau 7 : Synthèse des restrictions dans les aires de protection intermédiaire	34

Liste des annexes

Annexe 1 : Coupes géologiques des tranchées et des piézomètres

1 Mise en situation

Dans le cadre des travaux d'analyse de vulnérabilité liés à l'article 68 du Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (Q-2, r.35.2), la municipalité de New Richmond située dans la MRC de Bonaventure a confié à l'entreprise PESCA-Environnement de Carleton-sur-Mer la réalisation de l'étude de vulnérabilité des points de prélèvement d'eau souterraine X1100132-1 et X1100132-2 qui alimentent la municipalité en eau potable. Cette dernière a par la suite mandaté ENVIR'EAU PUIITS INC. de Lévis pour la réalisation du volet hydrogéologique de cette étude comprenant la détermination de l'aire d'alimentation de ces points de prélèvement de même que les aires de protection intermédiaire bactériologique et virologique à l'aide d'un modèle numérique et l'évaluation de la vulnérabilité DRASTIC.

Le présent document précise donc les travaux réalisés, l'élaboration du modèle numérique, indique les résultats obtenus, définit l'aire d'alimentation des sites de prélèvement à l'étude de même que la répartition de l'indice DRASTIC dans cette aire d'alimentation.

2 Caractérisation du site de prélèvement

2.1 Plan de localisation des aires de protection du site de prélèvement

Les deux sites de prélèvement d'eau souterraine de la Ville de New Richmond sont construits à une distance de 510 m au sud-est de la rivière Petite Cascapédia et à environ 3 km au nord-est du centre de la municipalité. Ces deux ouvrages de captage sont aménagés à 3 m l'un de l'autre et en raison de cette proximité, du point de vue hydrogéologique, ces deux ouvrages de captage sont considérés comme étant **un seul point de prélèvement**.

L'unité géologique dans laquelle sont construits ces deux ouvrages de captage fait partie d'un ensemble de dépôts de granulométrie très grossière orientés sud-ouest / nord-est soit parallèle à la rivière Petite Cascapédia et dont la largeur diminue graduellement de l'embouchure de cette rivière vers l'amont. À la hauteur des puits, cette largeur atteint environ 1 km et selon la carte géologique des dépôts meubles¹, cette vallée est comblée par des épaisseurs d'unités de dépôts littoraux (5b) et deltaïques (5c) dont l'épaisseur varie entre 1 m et 30 m déposés en marge glaciaire lors de l'invasion de la mer de Goldthwait il y a quelque 10 000 ans. Ces sédiments provenant de la fonte des glaciers lors de leur retrait vers le nord se sont donc accumulés dans cette masse d'eau profonde. Une couche de dépôts alluviaux (7) de granulométrie plus fine recouvre ces dépôts grossiers. Ces unités donnent place ensuite de part et d'autre de la rivière à des unités de till glaciaire (2a et 2b) caractérisés par des sédiments plus hétérogènes, plus fins et de largeur variable dont l'intérêt hydrogéologique est nul. Ces dépôts caractérisés par leur faible épaisseur recouvrent le socle rocheux (R).

Le site à l'étude est localisé dans la province géologique des Appalaches et repose sur la formation de Bonaventure d'âge Mississipien et composée essentiellement de conglomérat,

¹ Commission géologique du Canada, 1993, carte 1804A

de grès et de mudstone rouge². Cette formation donne suite à l'est à une succession d'unités géologiques plus étroites et orientées sud-ouest / nord-est de composition plus diverse mais essentiellement composée de grès ou de grès quartzitique.

Les figures suivantes présentent la localisation du site de prélèvement de même que les cartes géologiques des dépôts meubles et du socle rocheux du secteur à l'étude.

² Sigéom – service WMS – géologie régionale [en ligne] consulté le 15 juin 2020
https://servicesvectoriels.atlas.gouv.qc.ca/IDS_SGM_WMS/service.svc/get?

FIGURE 1 : Localisation générale

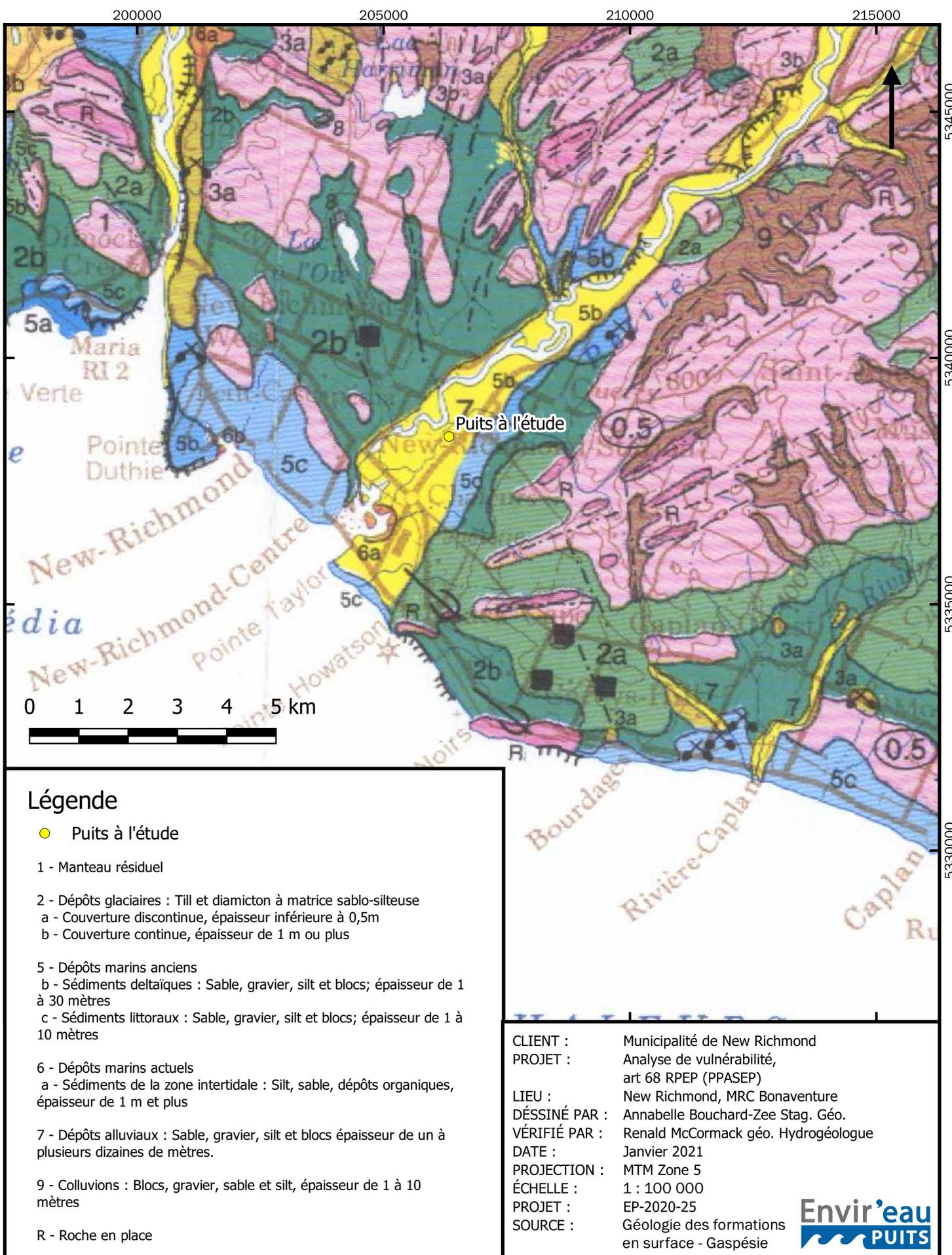


Légende

● Puits à l'étude

CLIENT : Municipalité de New Richmond
 PROJET : Analyse de vulnérabilité, art 68 RPEP (PPASEP)
 LIEU : New Richmond, MRC Bonaventure
 DÉSSINÉ PAR : Annabelle Bouchard-Zee Stag. Géo.
 VÉRIFIÉ PAR : Renald McCormack géo. Hydrogéologue
 DATE : Janvier 2021
 PROJECTION : MTM Zone 5
 ÉCHELLE : 1 : 100 000
 PROJET : EP-2020-25
 SOURCE : Canvec (WMS)

FIGURE 2 : Géologie des dépôts meubles



Légende

● Puits à l'étude

1 - Manteau résiduel

2 - Dépôts glaciaires : Till et diamicton à matrice sablo-silteuse

a - Couverture discontinue, épaisseur inférieure à 0,5m

b - Couverture continue, épaisseur de 1 m ou plus

5 - Dépôts marins anciens

b - Sédiments deltaïques : Sable, gravier, silt et blocs; épaisseur de 1 à 30 mètres

c - Sédiments littoraux : Sable, gravier, silt et blocs; épaisseur de 1 à 10 mètres

6 - Dépôts marins actuels

a - Sédiments de la zone intertidale : Silt, sable, dépôts organiques, épaisseur de 1 m et plus

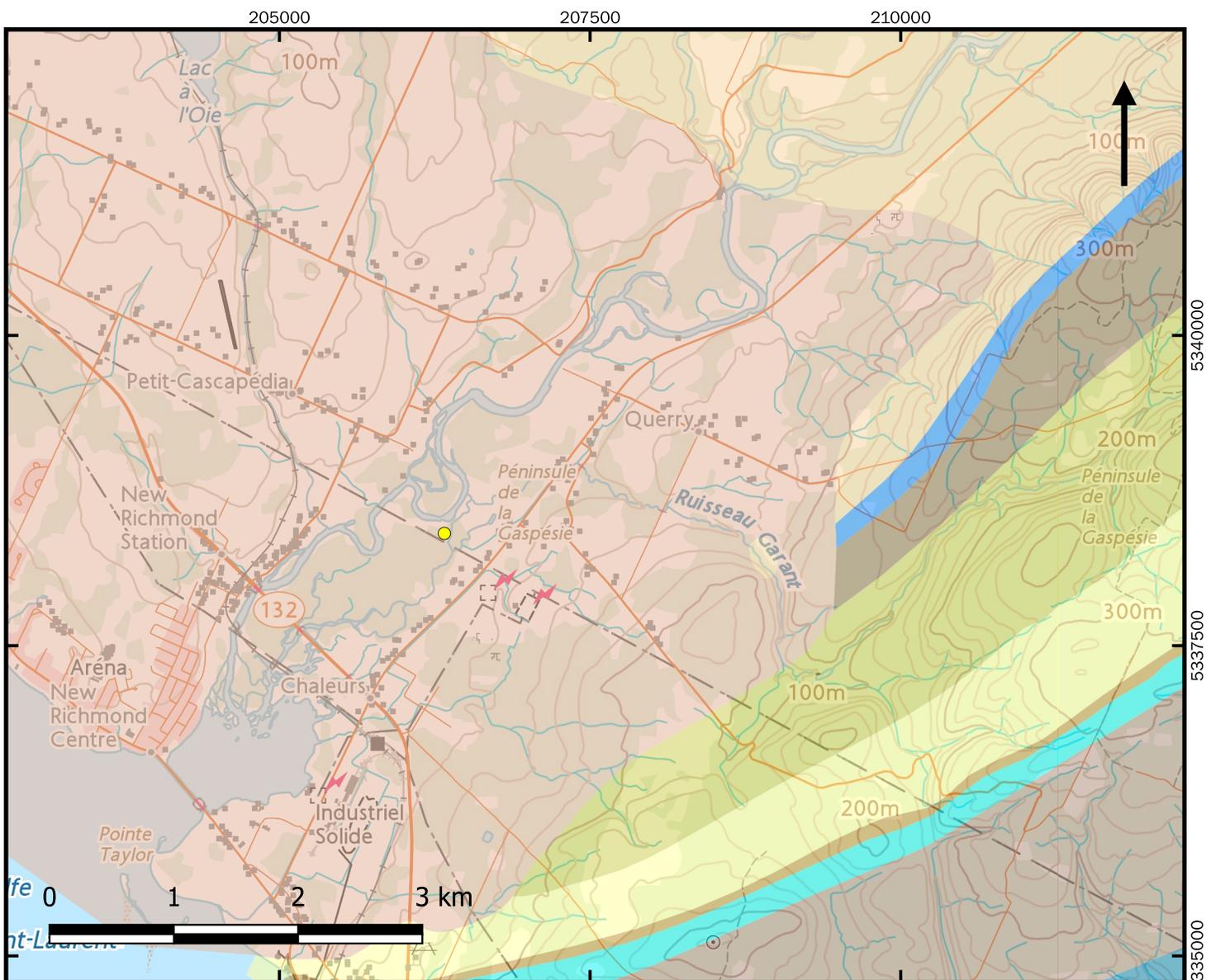
7 - Dépôts alluviaux : Sable, gravier, silt et blocs épaisseur de un à plusieurs dizaines de mètres.

9 - Colluvions : Blocs, gravier, sable et silt, épaisseur de 1 à 10 mètres

R - Roche en place



FIGURE 3 : Géologie du socle rocheux



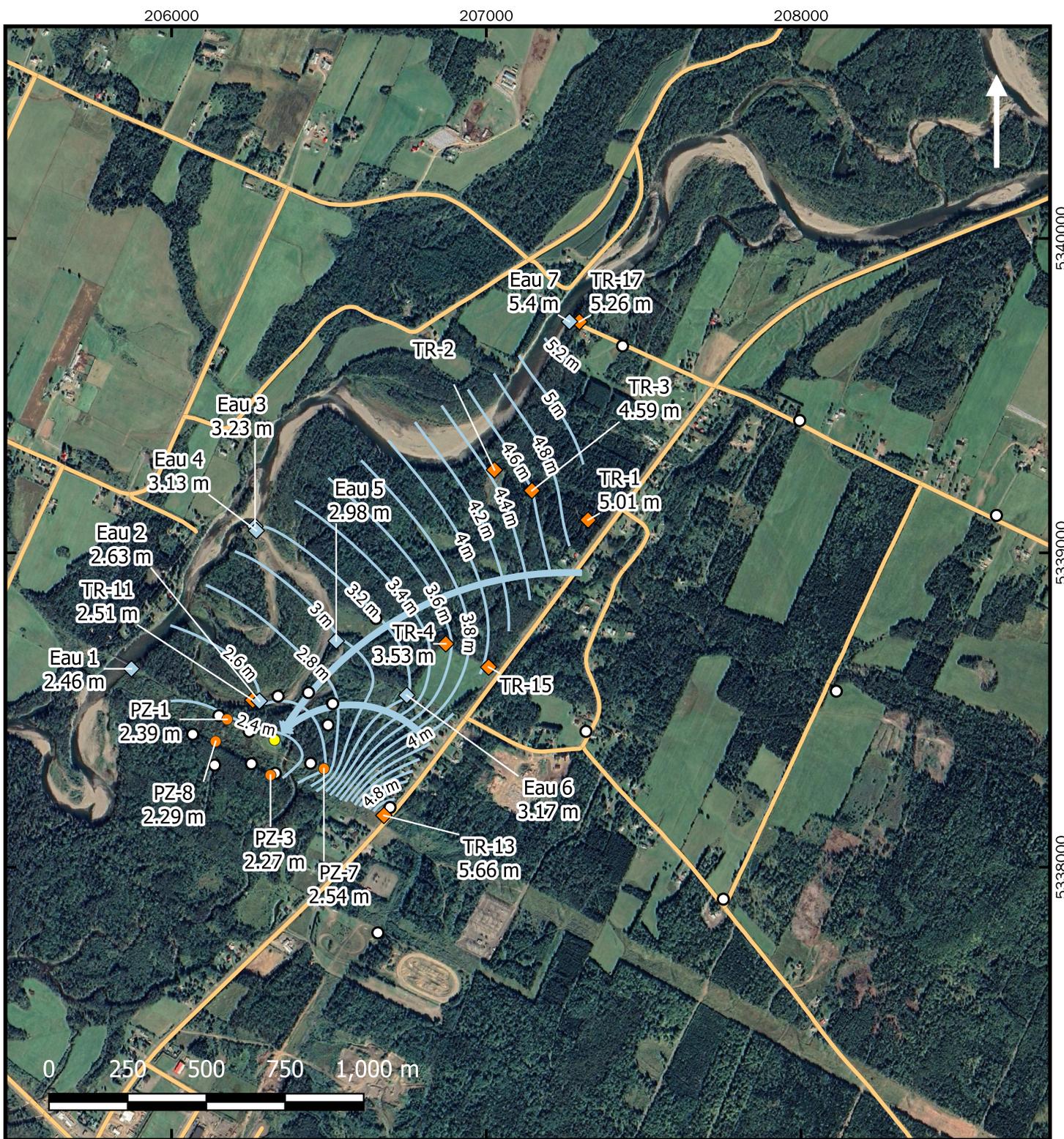
Légende

- Puits à l'étude
- Formation de Bonaventure
- Conglomérat, grès et mudstone rouges
- Formation de Pabos
- Mudstone, grès, conglomérat, calcaire argileux ou silteux et mudrock calcaireux
- Formation de White Head
- Calcilutite à interlits de shale
- Formation de Clemville
- Grès quartzitique; mudrock; un peu de mudstone à nodules calcaires
- Formation de Weir
- Grès et conglomérat feldspathiques ou arkosiques; siltstone et grès argileux; un peu de calcaire
- Formation de l'Anse Cascon
- Grès quartzitique; grès argileux bioturbé, conglomérat quartzitique; un peu de mudstone à nodules calcaires
- Formation de l'Anse à Pierre-Loiselle
- Mudstone à nodules calcaires; un peu de grès
- Formation de La Vieille
- Calcaire nodulaire, calcilutite et calcarénite

CLIENT : Municipalité de New Richmond
 PROJET : Analyse de vulnérabilité, art 68 RPEP (PPASEP)
 LIEU : New Richmond, MRC Bonaventure
 DÉSSINÉ PAR : Annabelle Bouchard-Zee Stag. Géo.
 VÉRIFIÉ PAR : Renald McCormack géo. Hydrogéologue
 DATE : Janvier 2021
 PROJECTION : MTM Zone 5
 ÉCHELLE : 1 : 50 000
 PROJET : EP-2020-25
 SOURCE : Canvec (WMS), SIGEOM (WMS)

Ces dépôts grossiers ont été identifiés lors de la réalisation de 12 tranchées les 9 et 10 juin 2020 à l'aide d'une rétrocaveuse de propriété municipale et la nappe circulant dans ces dépôts a été recoupée dans dix d'entre elles. À noter qu'au départ, 22 emplacements avaient été ciblés pour la réalisation de ces tranchées mais pour diverses raisons (inaccessibilité, refus d'autorisation, etc.), ce nombre a été réduit à 12 emplacements. Des 12 tranchées réalisées, seulement 2 d'entre elles (TR-2 et TR-15) ont révélé l'absence de nappe aux profondeurs respectives de 2 m et de 2,2 m. La figure suivante présente la répartition prévue pour la réalisation de ces tranchées, la localisation des tranchées réalisées (TR) incluant celles qui ont été transformées en piézomètres (PZ) en précisant les élévations géodésiques et la direction d'écoulement de cette nappe en date du 12 juin 2020. Leur numéro d'identification correspond à l'ordre de réalisation prévu dans la planification originale de ces travaux.

FIGURE 4 : Localisation des tranchées et direction d'écoulement



Légende

- Puits à l'étude
- Tranchée prévue
- Piézomètre (PZ)
- ◆ Tranchée réalisée (TR)
- ◆ Eau de surface
- Courbe piézométrique
12 juin 2020 (0.2 m)
- Sens d'écoulement
- Réseau routier

CLIENT : Municipalité de New Richmond
 PROJET : Analyse de vulnérabilité, art 68 RPEP (PPASEP)
 LIEU : New Richmond, MRC Bonaventure
 DÉSSINÉ PAR : Annabelle Bouchard-Zee Stag. Géo.
 VÉRIFIÉ PAR : Renald McCormack géo. Hydrogéologue
 DATE : Janvier 2021
 PROJECTION : MTM Zone 5
 ÉCHELLE : 1 : 17 500
 PROJET : EP-2020-25
 SOURCE : Google Earth, Canvec, VNRNRI00-157 Piézo.



Ces travaux ont donc été répartis sur une distance d'environ 2 km dans l'axe de la vallée dans le but de recouper et de préciser l'étendue de ces sédiments d'origine glaciaire. Ils ont mis en évidence la présence de dépôts très grossiers et de cailloux arrondis pouvant atteindre 20 cm de grosseur comme il a été observé dans quelques-unes d'entre elles. Ces unités de dépôts meubles apparaissent donc dans le secteur à l'étude sur une distance d'au moins 2 km vers le nord tout en donnant rapidement place ensuite au socle rocheux qui occupe tout l'espace géologique à l'est de cette vallée. Les figures suivantes fournissent un aperçu de ces dépôts alors que l'annexe 1 présente leur description géologique.



Figure 5 : S-11



Figure 6 : TR-1



Figure 7 : TR-3



Figure 8 : S-17



Figure 9 : TR-1 (nappe)



Figure 10 : TR-3 (nappe)



Figure 11 : TR-4 (nappe)

La profondeur de ces tranchées a varié entre 1,8 et 2,8 m et aux endroits où cette unité perméable a été interceptée, elle se trouvait en moyenne à 1,4 m de profondeur. L'omniprésence de ces dépôts granulaires de grande perméabilité sur une grande distance en

amont de ces points de prélèvement assure donc un approvisionnement en eau souterraine des plus sécuritaires. Quant à l'aménagement des piézomètres, ils ont été réalisés en installant des tubages en PVC de 5 cm de diamètre dont les derniers 1,5 m étaient crépinés. Les figures suivantes illustrent les détails d'installation pour deux d'entre eux.



Figure 12 : S-1



Figure 13 : S-3

Les aires de protection de ce site de prélèvement ont été produites à l'aide du logiciel de numérisation ModelMuse 6.0 qui utilise le code de MODFLOW 6. À noter que, par défaut, l'aire de protection immédiate de ce site de prélèvement correspond à un rayon de 30 m.

L'aire d'alimentation de ce site de prélèvement d'eau souterraine a été calculée à l'aide du débit recommandé de 1800 L/min (2592 m³/jour) afin de répondre aux besoins en eau de la municipalité tel qu'il apparaît dans le rapport rédigé par Technisol Inc. en 1997 pour la ville de New-Richmond et intitulé « Implantation d'un puits en eau potable dans le secteur de la rivière Petite Cascapédia »³. Cette valeur est supérieure aux débits de consommation moyenne fournies par la ville de New Richmond pour les années 2010 - 2020 et a été retenue parce qu'elle excède de 400 m³/jour seulement l'année 2020 où la consommation a été la plus élevée au cours de cette période. Le tableau 1 illustre les valeurs moyennes de ces débits pour les dix dernières années. L'importante augmentation de la consommation moyenne observée entre 2019 et 2020 s'expliquerait par la pandémie qu'a vécue le Québec et qui a contribué à la diminution des déplacements/voyages de la population locale, par un afflux touristique exceptionnel au cours de l'été 2020 de même que par une saison estivale particulièrement chaude contribuant ainsi à une plus grande utilisation d'eau. En prenant en compte les valeurs de la dernière année, nous avons donc cru bon utiliser la valeur de débit recommandé de 2592 m³/jour (1800 L/min) pour la détermination de ces aires de protection. Par ailleurs, ce débit reflète en quelque sorte le pire scénario de consommation tout en laissant une marge de manœuvre pour une augmentation du débit moyen pompé dans les années à venir.

Année	Volume pompé (m ³)
2010	1716
2011	1889
2012	1904
2013	1845
2014	1648
2015	1467
2016	1577
2017	1468
2018	1804
2019	1769
2020	2192

Tableau 1 : Données de consommation annuelle

³ TECHNISOL INC., 1997, Huard, Noël, « *implantation d'un puits en eau potable dans le secteur de la rivière Petite Cascapédia* », Août 1997, Dossier no : NE70009.222, 41 p

Selon la description des ouvrages de captage, ces derniers sont aménagés dans une unité géologique non consolidée de très grande perméabilité apparaissant sur une largeur moyenne d'environ 1 km dans la vallée de la rivière Petite Cascapédia. Cette zone bénéficie de la présence de dépôts de cailloux arrondis concentrés dans cette vallée tel qu'observé dans les tranchées et s'étirant sur une distance d'environ au moins 8 km vers le nord le long de cette rivière mais limités à l'est par la présence du socle rocheux.

Compte tenu de ces particularités hydrogéologiques, il faut donc distinguer entre une direction d'écoulement des eaux souterraines dans ces unités granulaires au niveau de la vallée et une direction d'écoulement des eaux souterraines au niveau du socle rocheux soit dans la portion montagneuse à l'est. Ainsi, en plus d'une contribution d'eau souterraine circulant dans ces dépôts granulaires apparaissant dans la vallée, une contribution d'eau souterraine venant également du socle rocheux et perpendiculairement à cette vallée doit être considérée.

Ainsi, dans le premier cas, l'aire d'alimentation est orientée selon une direction moyenne de S 45° Ouest sous un gradient hydraulique moyen de 0,002 dans les zones de protection intermédiaire bactériologique et virologique et ce, jusqu'à une distance comprise entre 500 m à 2 km où elle bifurque vers le sud-est selon une direction moyenne de N 62° Ouest jusqu'à une ligne de partage des eaux de niveau 1 à une distance d'environ 5 km sous un gradient hydraulique moyen de 0,0317. Ainsi, à partir de cette dernière limite, la direction d'écoulement est essentiellement vers le nord-ouest avant de bifurquer vers le sud-ouest à la hauteur du chemin Saint-Edgar pour atteindre une direction pratiquement sud-ouest à la hauteur du puits.

Ainsi, sur la base des caractéristiques hydrogéologiques de l'unité aquifère sollicitée et selon la consommation moyenne observée à ce point de prélèvement, les dimensions suivantes ont été calculées :

Pour les dépôts granulaires :

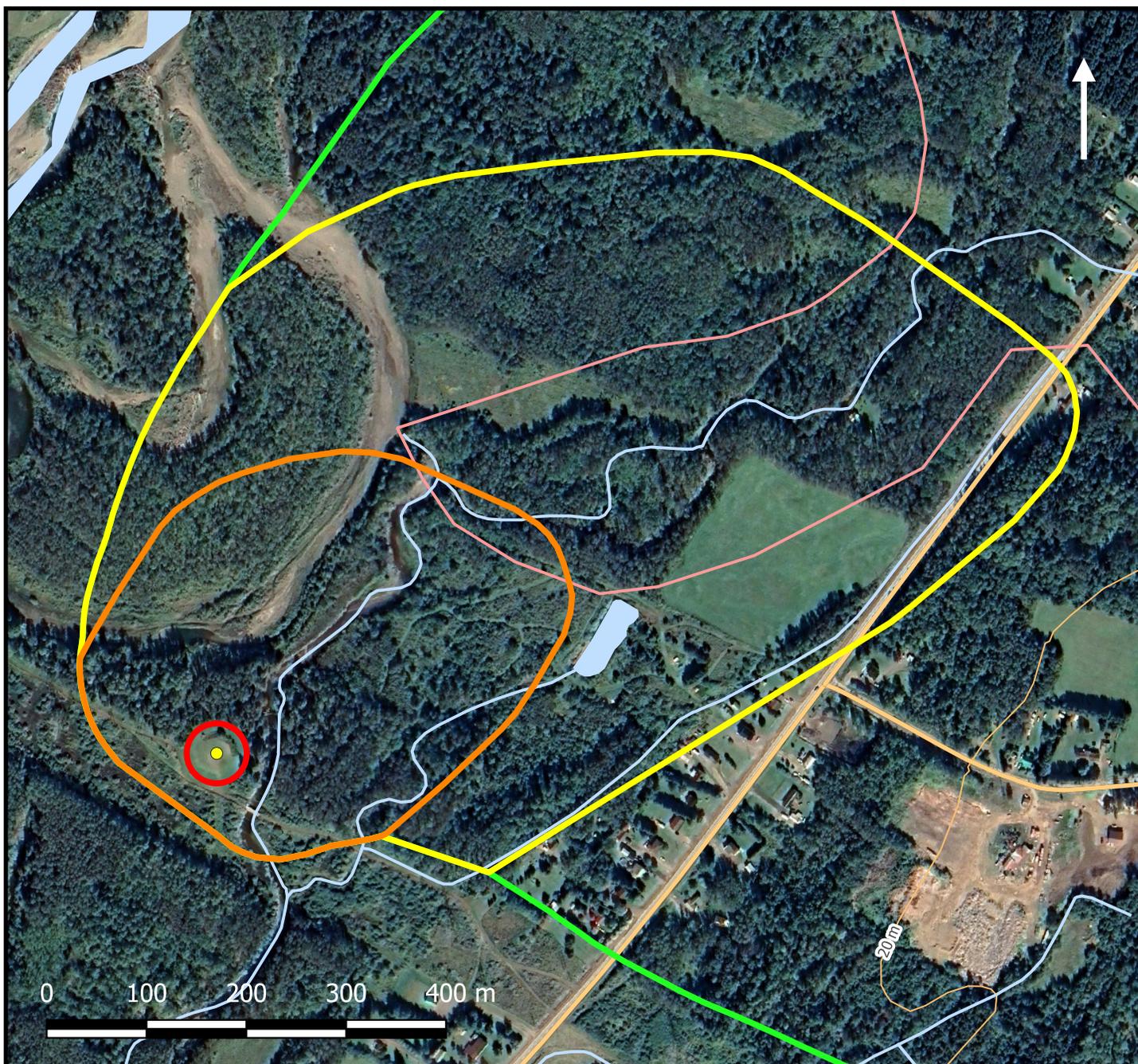
- Largeur moyenne : 550 m
- Aire de protection intermédiaire bactériologique (200 jours) : 370 m
- Aire de protection intermédiaire virologique (550 jours) : 825 m
- Aire de protection éloignée moyenne (en suivant la piézométrie simulée) : 2350 m

Pour le socle rocheux :

- Largeur moyenne : 1700 m
- Aire de protection éloignée moyenne (en suivant la piézométrie simulée) : 4750 m

Les figures 14 et 15 présentent l'étendue de cette aire d'alimentation, des aires de protection intermédiaire bactériologique (200 jours) et virologique (550 jours) de même que l'aire de protection éloignée.

FIGURE 14 : Aires de protection 1 - Intermédiaires



Légende

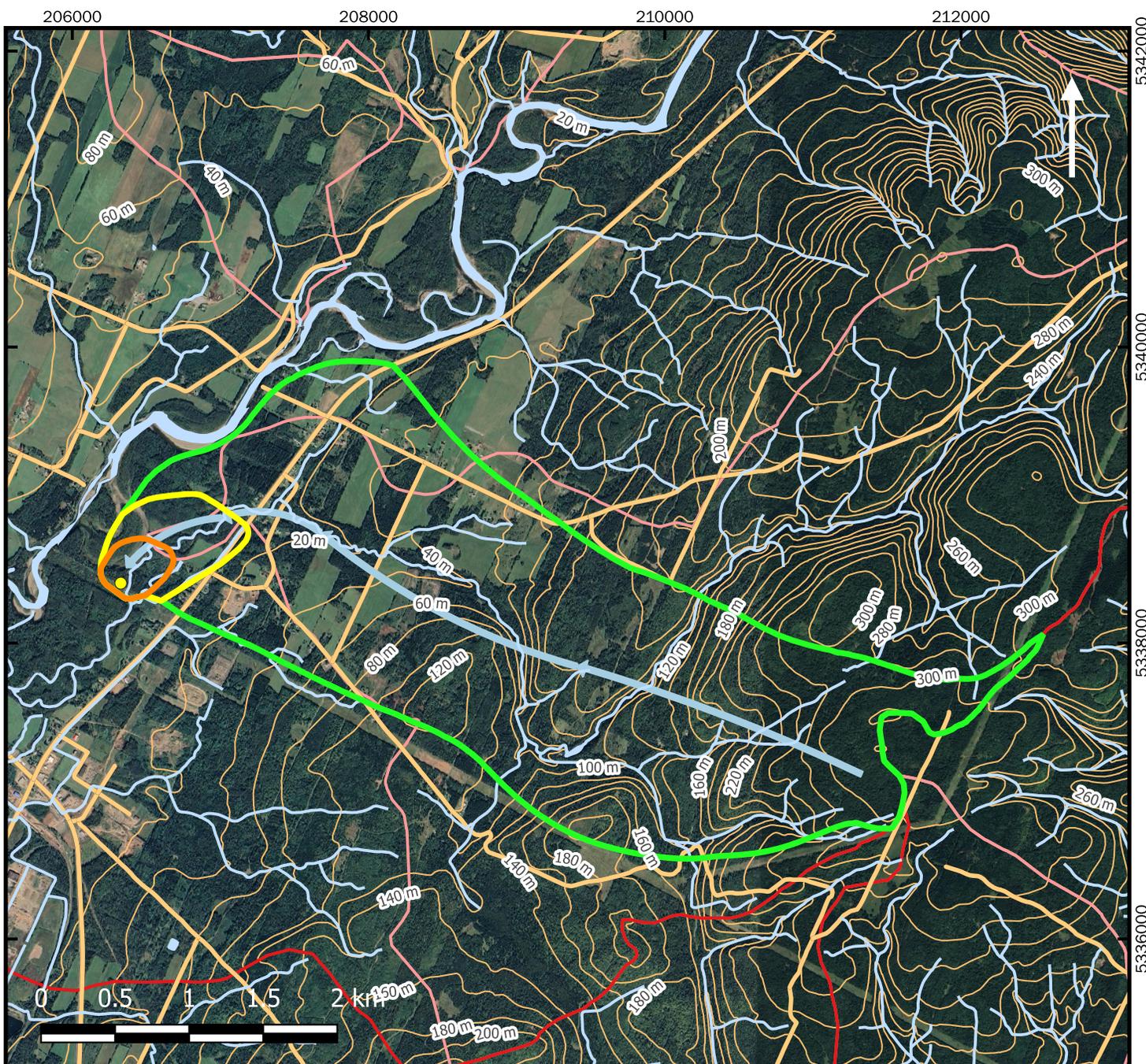
- Puits à l'étude
- Aires de protection
- Immédiate (30 m)
- Intermédiaire bactériologique (200 jours)
- Intermédiaire virologique (550 jours)
- Éloignée
- Bassin versant de niveau 2
- Courbe topographique (20 m)
- Réseau hydrographique
- Réseau routier

CLIENT : Municipalité de New Richmond
 PROJET : Analyse de vulnérabilité, art 68 RPEP (PPASEP)
 LIEU : New Richmond, MRC Bonaventure
 DÉSSINÉ PAR : Annabelle Bouchard-Zee Stag. Géo.
 VÉRIFIÉ PAR : Renald McCormack géo. Hydrogéologue
 DATE : Janvier 2021
 PROJECTION : MTM Zone 5
 ÉCHELLE : 1 : 6 000
 PROJET : EP-2020-25
 SOURCE : Google Earth, Canvec



5338000

FIGURE 15 : Aire de protection 2 - Eloignée



Légende

- Puits à l'étude
- Aires de protection
- Intermédiaire bactériologique (200 jours)
- Intermédiaire virologique (550 jours)
- Éloignée
- Sens d'écoulement
- Bassin versant de niveau 1
- Bassin versant de niveau 2
- Réseau hydrographique
- Réseau routier

CLIENT : Municipalité de New Richmond
 PROJET : Analyse de vulnérabilité, art 68 RPEP (PPASEP)
 LIEU : New Richmond, MRC Bonaventure
 DÉSSINÉ PAR : Annabelle Bouchard-Zee Stag. Géo.
 VÉRIFIÉ PAR : Renald McCormack géo. Hydrogéologue
 DATE : Janvier 2021
 PROJECTION : MTM Zone 5
 ÉCHELLE : 1 : 40 000
 PROJET : EP-2020-25
 SOURCE : Google Earth, Canvec

Le tableau suivant résume les diverses informations reliées au calcul de l'aire d'alimentation de ces sources.

Site de prélèvement NO	Gradient moyen (dépôts granulaires)	Débit moyen (m ³ /j)	Aire de protection bactériologique (m)	Aire de protection virologique (m)	Aire de protection éloignée (m) Longueur / largeur moyenne (m)
X1100132-1 et X1100132-2	0,002(bactériologique + virologique) et 0,0317(éloignée)	2592	370	825	2350 / 550
Site de prélèvement NO	Gradient moyen (socle rocheux)	Débit moyen (m ³ /j)	Aire de protection bactériologique (m)	Aire de protection virologique (m)	Aire de protection éloignée (m) Longueur / largeur moyenne (m)
X1100132-1 et X1100132-2	0,066(éloignée)	2592			4750 / 1700

Tableau 2 : Caractéristiques de l'aire d'alimentation

2.1.1 Modélisation de l'aire de protection des puits X1100132-1 et X1100132-2

Tel que mentionné précédemment, le modèle numérique a été élaboré avec le logiciel ModelMuse 6.0 qui utilise le code de MODFLOW 6. Ce logiciel permet de modéliser le milieu géologique du secteur à l'étude et de simuler l'écoulement des eaux souterraines ainsi que l'impact de la zone à l'étude afin d'en déterminer les aires d'alimentation à l'aide d'un suivi des particules (particle tracking).

La méthodologie utilisée consiste à concevoir un modèle numérique de la zone à l'étude à partir des données disponibles tout en calibrant le modèle. La calibration est effectuée en faisant varier les paramètres hydrauliques tel que la recharge annuelle, la conductivité hydraulique ainsi que la géométrie de la zone à l'étude jusqu'à l'obtention d'un modèle dont la piézométrie à l'état statique représente adéquatement la zone étudiée. Celui-ci est ensuite comparé avec l'élévation des niveaux d'eau observés sur le terrain et ainsi ajusté en conséquence afin de créer un modèle le plus précis et représentatif de la réalité. Avec ce modèle, une étude de sensibilité est ensuite réalisée afin de valider le comportement et les résultats obtenus. Le modèle obtenu à la suite de toutes ces modifications permet ainsi de simuler le comportement des eaux souterraines en régime permanent et d'effectuer un suivi de particules pour identifier les aires d'alimentation. Le tableau suivant indique la provenance des données qui ont été utilisées.

	Sources
Topographie de la surface	<ul style="list-style-type: none"> - Données Lidar (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs - MFFP) - NASA – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)
Topographie du roc	<ul style="list-style-type: none"> - Système d'information hydrogéologique du MELCC (SIH) - Rapport - Ville de New-Richmond (Alimentation en eau), Technisol Inc., Juillet 1996 - Rapport - Ville de New Richmond (Implantation d'un puits en eau potable dans le secteur de la rivière Petite Cascapédia), Technisol Inc., Août 1997
Géologie	<ul style="list-style-type: none"> - Géologie des formations en surface – Gaspésie, Québec ; Commission géologie du Canada, Carte 1804A - 1993 - Carte du socle rocheux (SIGEOM, Services WMS – Géologie régionale). - Rapport - Ville de New-Richmond (Alimentation en eau) – Technisol Inc. – 1996 - Rapport - Ville de New-Richmond (Implantation d'un puits en eau potable dans le secteur de la rivière Petite Cascapédia) – Technisol Inc. – 1997 - Système d'information hydrogéologique du MELCC (SIH)
Réseau hydrographique	<ul style="list-style-type: none"> - Données topographiques du Canada – CanVec - Limites de bassin versant, Centre d'expertise hydrique du Québec - Données Lidar (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs - MFFP)
Hydrogéologie	<ul style="list-style-type: none"> - Système d'information hydrogéologique du MELCC (SIH)

Tableau 3 : Provenance des informations utilisées

2.1.1.1 Conception du modèle numérique

La zone à l'étude est représentée par un polygone d'environ 5,9 km x 10 km. Le modèle est découpé en cellules carrées de 100 mètres de côté et cette grille est raffinée à l'approche de cours d'eau et des piézomètres pour atteindre des cellules de 12,0 mètres de côté pour un total de 43 977 cellules. La figure suivante présente le découpage de la zone d'étude. Quant à la géologie, elle est représentée par cinq couches incluant quatre couches de dépôts meubles et une couche de socle rocheux.

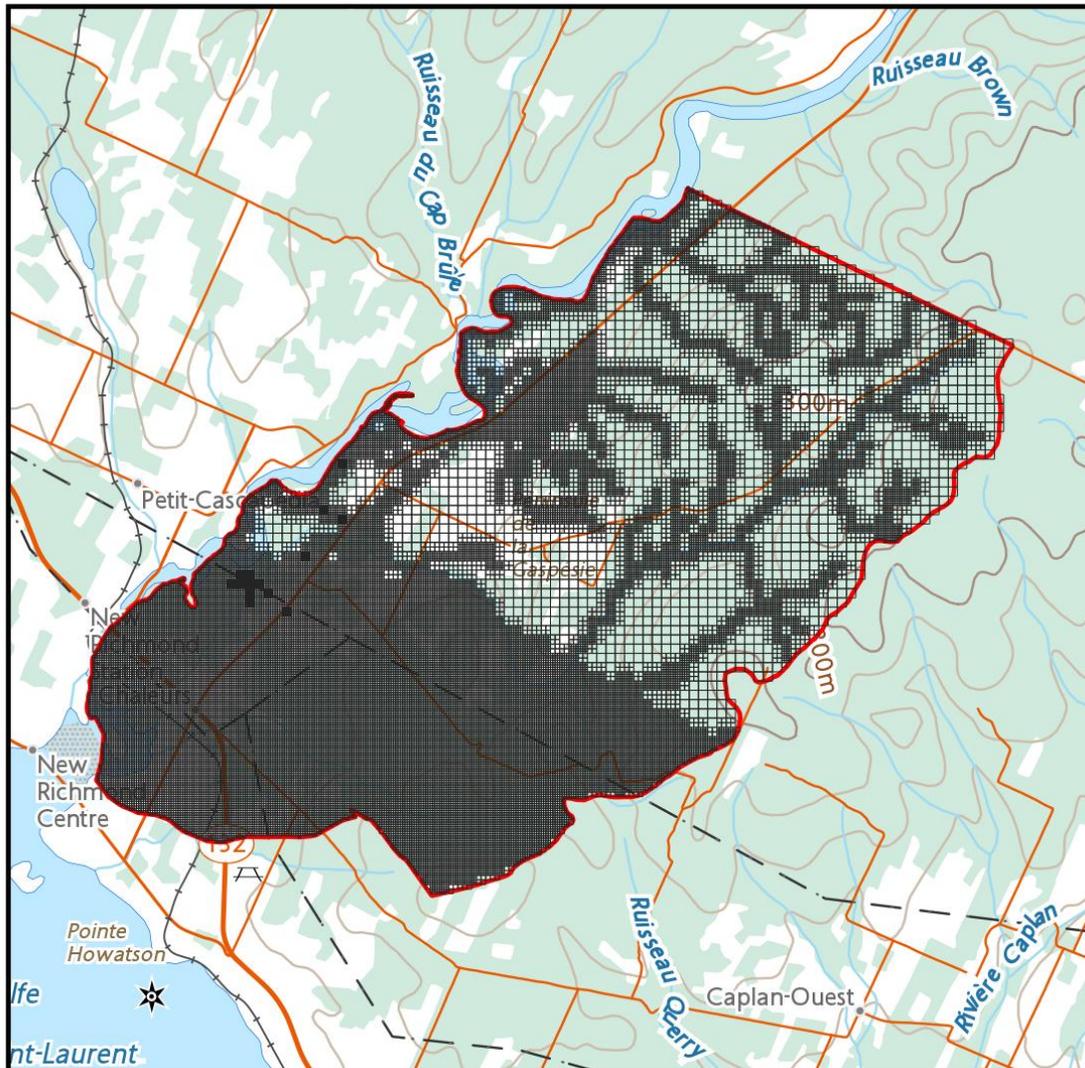


Figure 16 : Grille du modèle conceptuel

2.1.1.2 Conditions limites

Les limites du modèle ne représentant pas toutes les limites du bassin versant, une condition limite de charge constante a été appliquée à la limite nord de la zone à l'étude avec une charge hydraulique de 4 mètres sous la surface du sol. Le reste du périmètre a été délimité par la rivière Petite Cascapédia à l'ouest, qui est considérée comme un drain dans le modèle, ainsi que les limites du bassin versant de niveau un (1) pour les limites est et sud.

La gestion des eaux de surface est réalisée à l'aide d'une condition limite de « Drain » qui permet d'extraire l'eau de surface du modèle dès que le niveau d'eau atteint la topographie de surface en suivant la répartition des cours d'eau présents dans la zone à l'étude.

Les cellules sous condition « Limite de charge constante » sont représentées en jaune et les cellules de type « Drain » sont représentées en bleu dans la figure suivante.

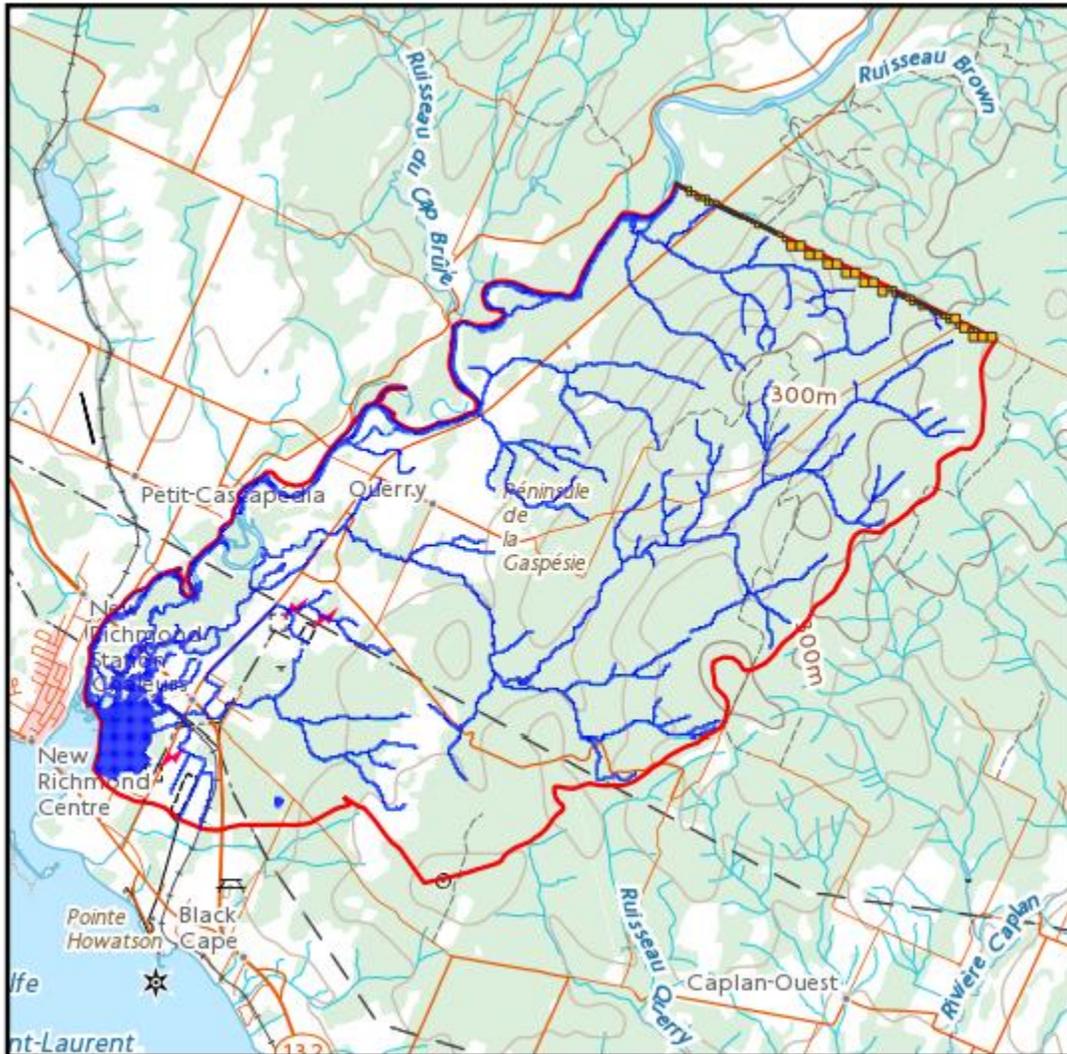


Figure 17 : Conditions limites

2.1.1.3 Propriétés hydrogéologiques

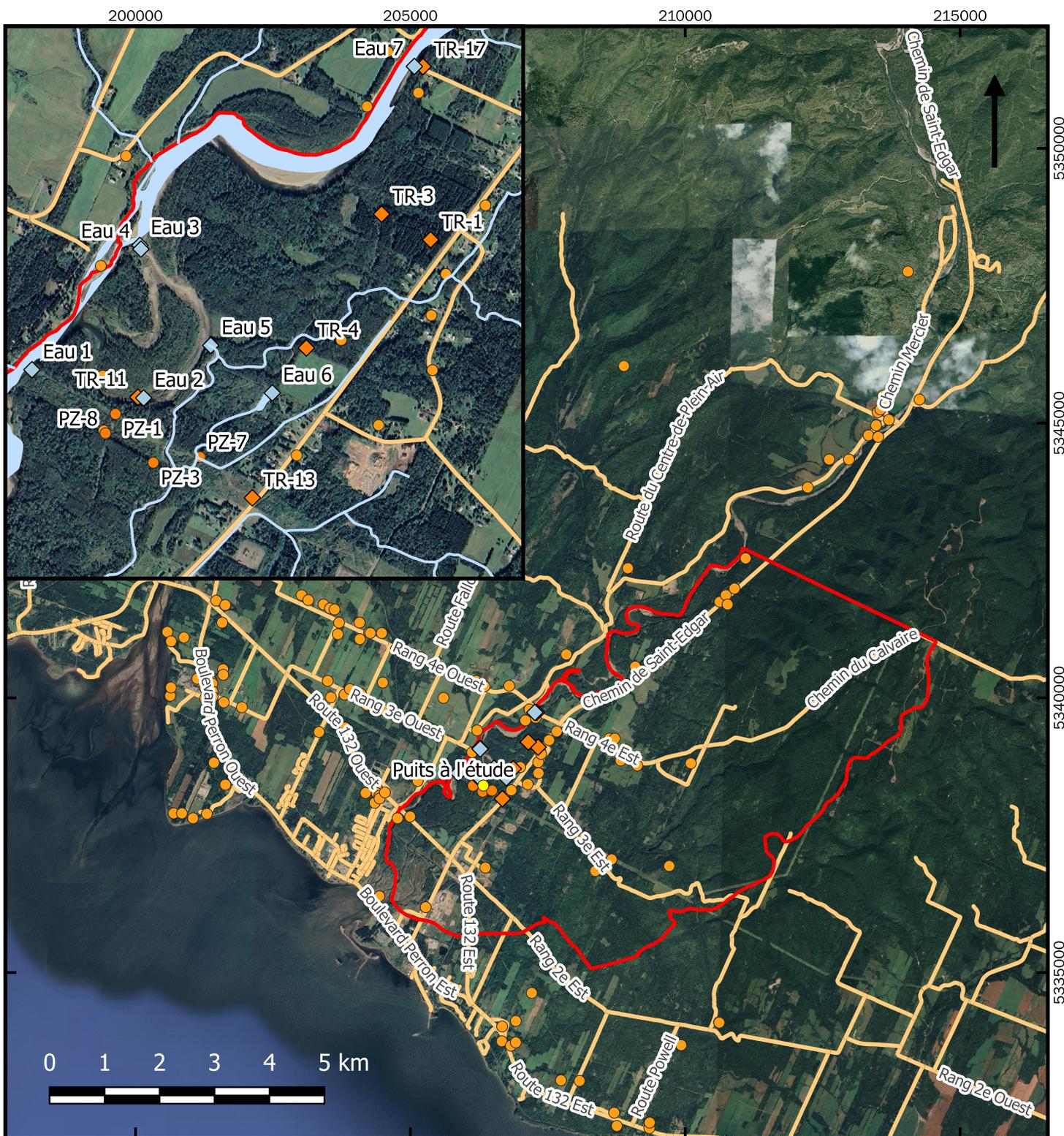
En 1996, plusieurs travaux de terrain ont été effectués afin de localiser une formation aquifère suffisamment productive qui pourrait subvenir aux besoins en eau de la ville de New Richmond. Douze sondages ont été réalisés dans le cadre de ces travaux et l'emplacement du puits a été déterminé en fonction du potentiel aquifère qui a été découvert à ce moment. Des travaux hydrogéologiques complémentaires ont été réalisés en 1997 et ont conduit à l'évaluation du potentiel aquifère et la mise en place des deux points de prélèvement actuels.

Un pompage de longue durée a été réalisé en 1997 au taux de 2736 L/min confirmant la capacité de ce site à alimenter adéquatement la municipalité.

En 2020, une visite de terrain a été effectuée dans le cadre de la présente analyse de vulnérabilité afin de procéder à la réalisation des tranchées mentionnées précédemment dans le but ultime de modéliser la zone à l'étude. De plus, les coupes des piézomètres illustrées dans le rapport de Technisol Inc.⁴ de même que les informations provenant du Système d'information hydrogéologique (SIH) du MELCC ont aussi été utilisés ; tous ces puits et piézomètres sont localisés dans la figure suivante.

⁴ Charrois, Hélène, « Étude hydrogéologique, Alimentation en eau Ville de New-Richmond », 1996

FIGURE 18 : Localisation des puits utilisés pour la modélisation



Légende

Puits

- Puits à l'étude
- Piézomètre (PZ)
- ◆ Tranchée (TR)
- ◆ Eau de surface
- Puits SIH - New-Richmond
- Zone à l'étude
- Réseau hydrographique
- Réseau routier

CLIENT : Municipalité de New Richmond
 PROJET : Analyse de vulnérabilité, art 68 RPEP (PPASEP)
 LIEU : New Richmond, MRC Bonaventure
 DÉSSINÉ PAR : Annabelle Bouchard-Zee Stag. Géo.
 VÉRIFIÉ PAR : Renald McCormack géo. Hydrogéologue
 DATE : Janvier 2021
 PROJECTION : MTM Zone 5
 ÉCHELLE : 1: 100 000 et 1: 20 000
 PROJET : EP-2020-25
 SOURCE : Google Maps, Canvec



Dans la zone à l'étude, on retrouve quatre couches de dépôts meubles de conductivité hydraulique variable réparties selon l'information disponible provenant de la carte de dépôts meubles et des observations faites sur le terrain. Toutes ces couches reposent sur le socle rocheux. Dans le cas présent, des groupes de couches ont été créés lorsque certaines d'entre elles avaient des valeurs similaires de conductivité hydraulique. Ainsi, la première et la seconde couche sont représentées par la même figure puisque la répartition des conductivités étaient identiques à travers la zone à l'étude. De la même façon, la troisième et quatrième couche ont aussi été jumelées. Ce qui nous emmène à la cinquième couche, le socle rocheux, illustrée sur la dernière image de la figure 19.

Lors de la modélisation, la répartition des différentes unités de dépôts meubles de la zone à l'étude a été utilisée comme base et plusieurs polygones ont été créés afin de bien pouvoir répartir les valeurs de conductivité mesurées sur le terrain selon l'emplacement. Un polygone des sédiments deltaïques a été créé pour représenter l'emplacement des piézomètres PZ-3, PZ-7 et PZ-8, un autre pour le puits à l'étude ainsi que le piézomètre PZ-1, un autre pour le piézomètre PZ-11 et quatre autres polygones représentant le till qui longe la limite est du bassin versant, les sédiments littoraux, les dépôts alluviaux et finalement le manteau résiduel.

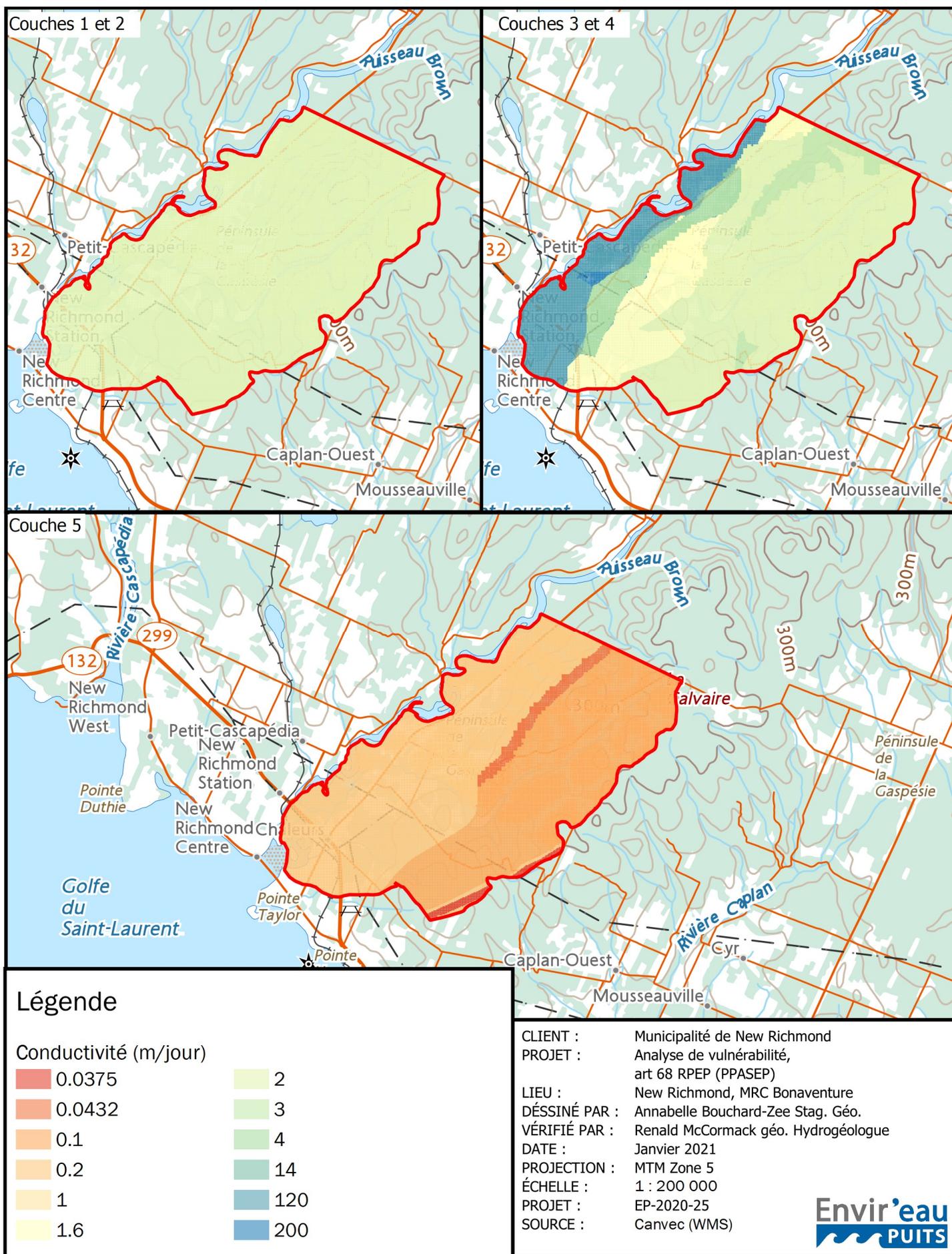
Pour le polygone où se trouve le puits à l'étude, une valeur de 200 m/jour a été utilisée. Par la suite, pour le polygone des piézomètres PZ-3, PZ-7 et PZ-8, soit le polygone des sédiments deltaïques, une valeur de 120 m/jour a été utilisée, car celle-ci représentait bien l'interprétation des données obtenues lors des tests de granulométrie effectués ainsi que la calibration du modèle sur Modelmuse. Pour ce qui est des autres polygones, puisqu'aucune granulométrie n'avait été effectuée, les valeurs ont été tirées du tableau de la « gamme de valeurs de la conductivité hydraulique et de la perméabilité » disponible en ligne sur le site des hydrogéologues sans frontière⁵ ainsi que de l'interprétation faite du modèle lors de la calibration. Une valeur de 4 m/jour a donc été utilisée pour les sédiments littoraux, 120 m/jour pour les dépôts alluviaux, 1,6 m/jour pour le till, 2 m/jour pour le manteau résiduel et 200 m/jour pour le polygone du sondage S-11.

La figure suivante présente la répartition des conductivités hydrauliques des différentes couches considérées incluant le roc. Pour ce dernier, certaines zones étaient constituées de plusieurs petits groupes rocheux comportant majoritairement le même matériel géologique et donc, pour des fins pratiques, ont été regroupés ensemble. Au final, le roc fut séparé en cinq polygones différents, soit : **1)** le « grès quartzitique ; mudrock ; un peu de mudstone à nodules calcaires », **2)** le « calcaire nodulaire, calcilutite et calcarénite », **3)** le « conglomérat, grès et mudstone rouges », **4)** le « grès quartzitique; mudrock; un peu de mudstone à nodules calcaires » ainsi que **5)** le « mudstone, grès, conglomérat, calcaire argileux ou silteux et mudrock calcaireux »⁶.

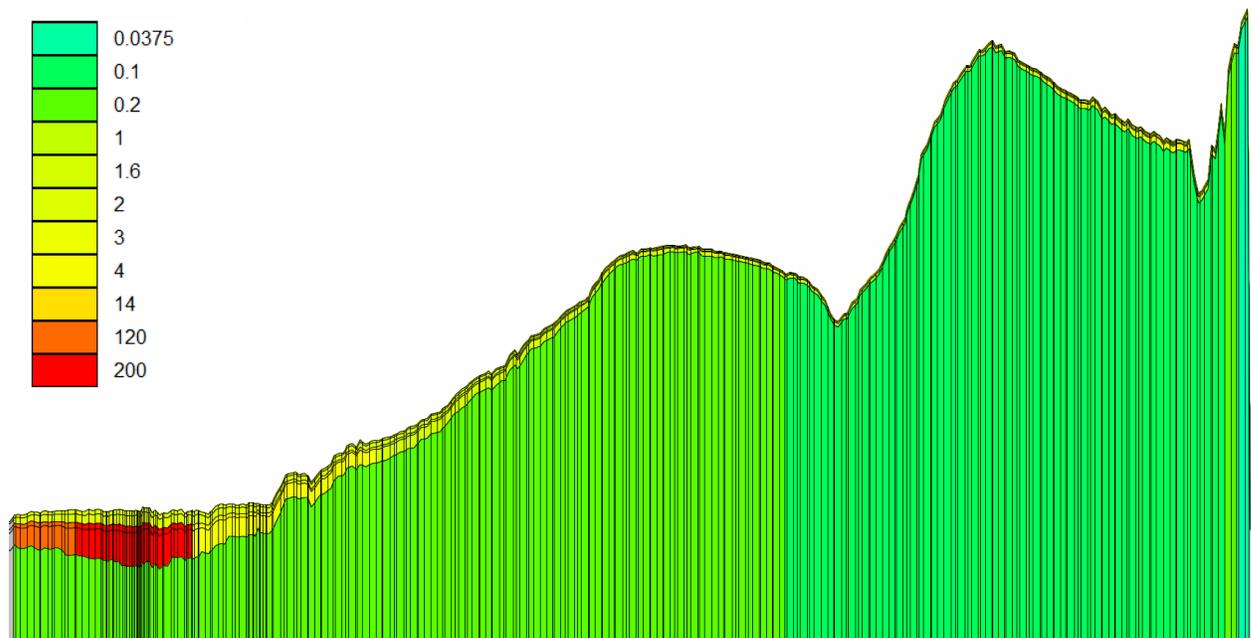
⁵ Gamme de valeurs de la conductivité hydraulique et de la perméabilité [en ligne] consulté le 25 novembre 2020 <http://hydrogeologistswithoutborders.org/wordpress/1979-francais/chapitre-2/>

⁶ Sigéom - service WMS - géologie régionale [en ligne] consulté le 15 juin 2020 https://servicesvectoriels.atlas.gouv.qc.ca/IDS_SGM_WMS/service.svc/get?

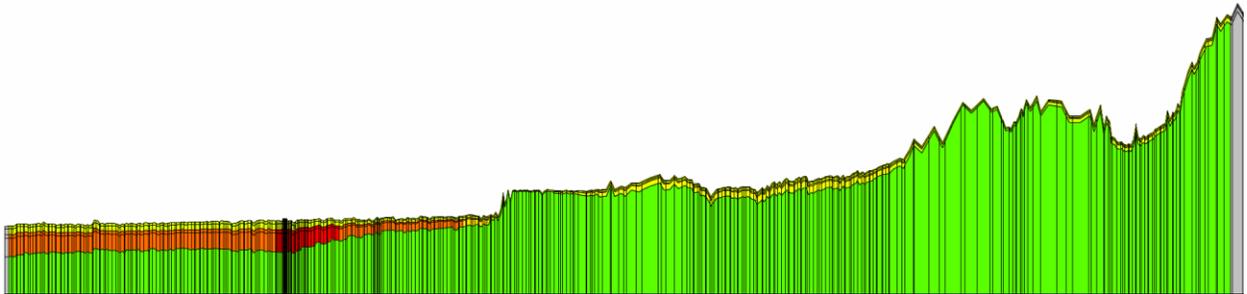
FIGURE 19 : Conductivité hydraulique des couches géologiques



Conductivité hydraulique
(m/jour)



Coupe nord-ouest / sud-est (exagération verticale x10)

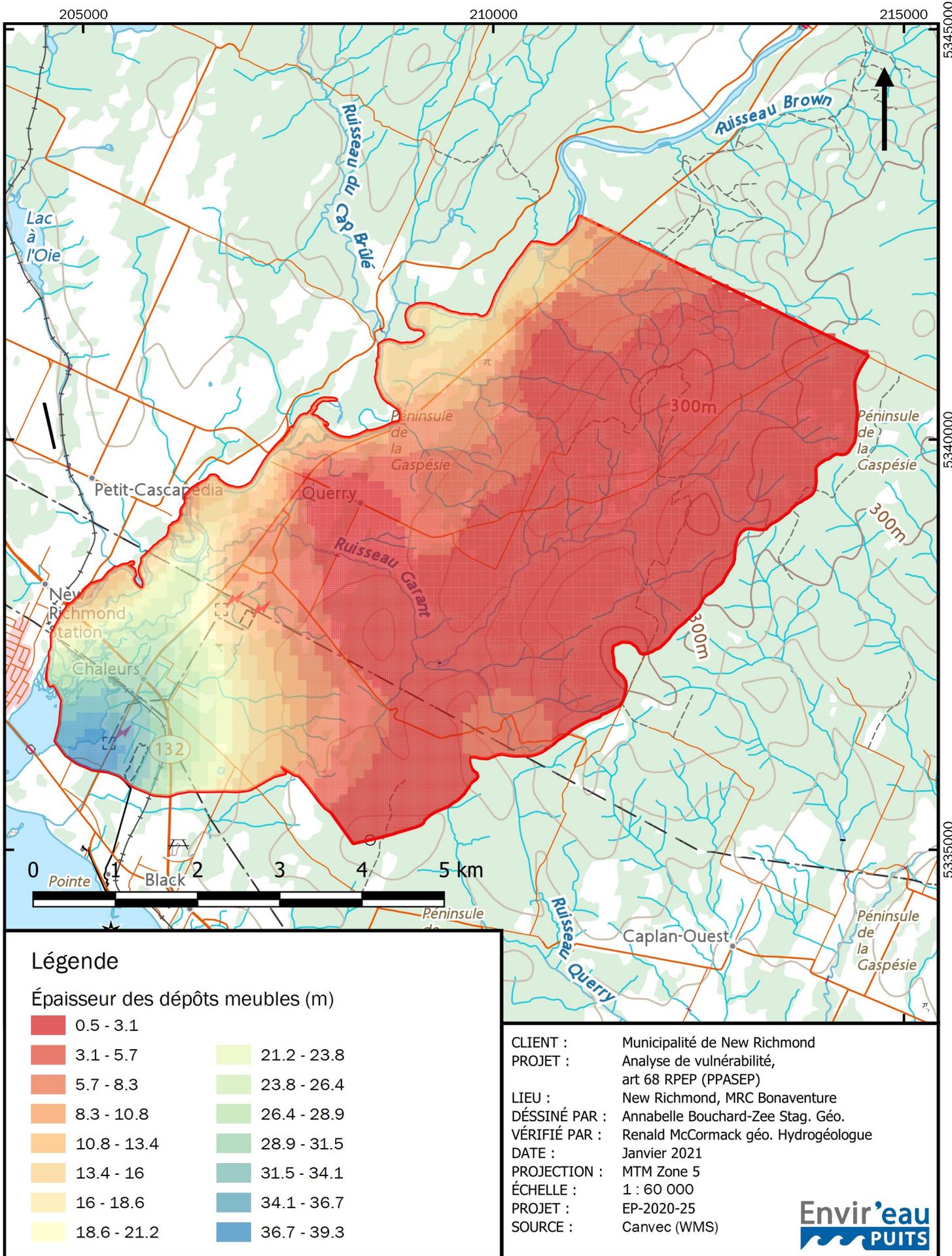


Coupe sud-ouest / nord-est (exagération verticale x10)

Figure 20 : Sections transversales de la conductivité hydraulique

Afin de représenter l'hétérogénéité verticale des dépôts, la conductivité hydraulique verticale du modèle représente 10 % de la conductivité horizontale. L'épaisseur des dépôts meubles utilisée dans le modèle est par ailleurs représentée dans la figure 21.

FIGURE 21 : Épaisseur des dépôts meubles



2.1.1.4 Recharge

Pour la recharge, la moyenne des précipitations a été calculée à l'aide des données disponibles des années 2017-2019 accessibles sur le site du gouvernement du Canada⁷. Une valeur de 944,2 mm/an est donc obtenue comme valeur du total des précipitations pour la zone à l'étude. Les valeurs de précipitations ainsi que la moyenne sont présentées dans le tableau suivant. Afin d'obtenir une valeur de recharge, il faut soustraire la valeur d'évapotranspiration qui est propre à la zone à l'étude du total des précipitations. Le coefficient de ruissellement correspondant à la zone doit, lui aussi, être soustrait de la valeur des précipitations totales. Ce dernier est obtenu en fonction du type de végétation, du type de terrain ainsi que de la classification hydrologique. Un tableau est disponible dans le guide technique de « Détermination des aires de protection des prélèvements d'eau souterrain et des indices de vulnérabilité DRASTIC »⁸ disponible sur le site du Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Ultiment, une valeur de recharge est obtenue après la calibration du modèle pour chacun des polygones présents dans la zone à l'étude. Les valeurs des différents polygones de recharge sont illustrées dans la figure 22.

Année	Précipitations (mm/an)
2017	925,1
2018	862,1
2019	963,2
Moyenne:	944,2

Tableau 4 : Compilation des données de précipitation

⁷ Gouvernement du Canada, (2019), *Rapport de données mensuelles pour 2018* [en ligne]. https://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_stations_f.html?searchType=stnName&timeframe=1&txtStationName=new-richmond&searchMethod=contains&optLimit=yearRange&StartYear=2016&EndYear=2021&Year=2021&Month=1&Day=6&selRowPerPage=25

⁸ Ministère de l'environnement et lutte contre les changements climatiques (2020), Guide de détermination des aires de protection des prélèvements d'eau souterrain et des indices de vulnérabilité DRASTIC [en ligne]. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/drastic/>

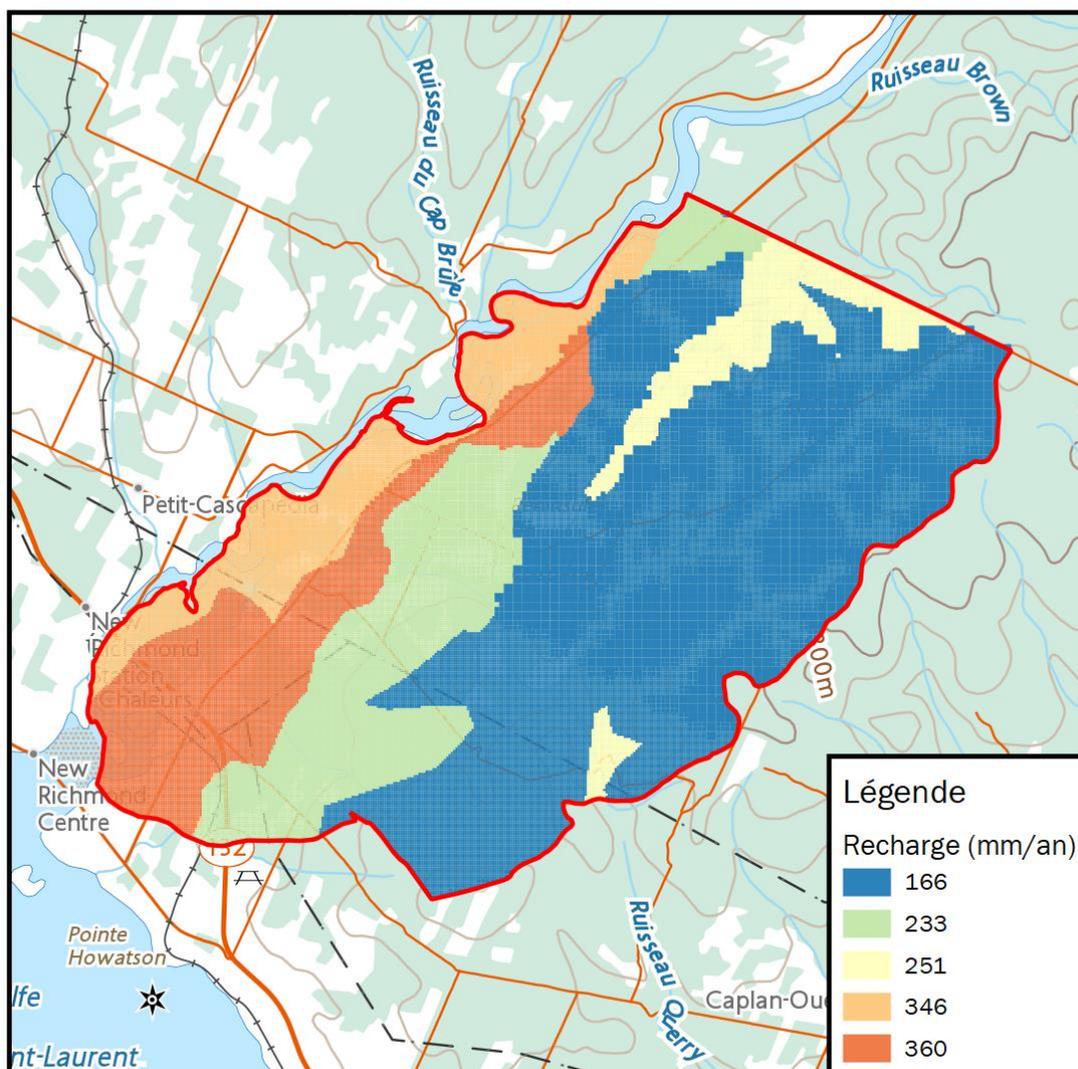


Figure 22 : Recharge

2.1.1.5 Calibration du modèle numérique

La calibration du modèle est effectuée en comparant l'élévation des niveaux d'eau calculés en état statique par rapport aux niveaux d'eau mesurés le 12 juin 2020. Les points d'observation choisis correspondent aux piézomètres (PZ-1, PZ-3, PZ-7, PZ-8 et PZ-11), tranchées (TR-1, TR-3, TR-4, TR-13 et TR-17) ainsi que des niveaux hydrographiques de surface (1-3 et 5-7). Le tableau suivant montre les résultats et la figure 23 montre la corrélation entre les niveaux.

Sondage/tranchée/Niveau	Mesuré (m)	Modélisé (m)	Résiduel (m)
PZ-1	2.393	2.36	-0.04
PZ-3	2.268	2.29	0.02
PZ-7	2.544	2.33	-0.22
PZ-8	2.289	2.27	-0.02
PZ-11	2.511	2.47	-0.04
TR-13	5.659	5.46	-0.20
TR-17	5.258	5.48	0.22
TR-1	5.006	4.79	-0.21
TR-3	4.594	4.59	0.00
TR-4	3.533	3.47	-0.06
Eau-1	2.458	2.24	-0.22
Eau-2	2.63	2.48	-0.15
Eau-3	3.225	3.15	-0.08
Eau-5	2.982	2.72	-0.27
Eau-6	3.166	2.97	-0.20
Eau-7	5.395	5.36	-0.03

Tableau 5 : Élévation de la nappe (résultats mesurés vs modélisés)

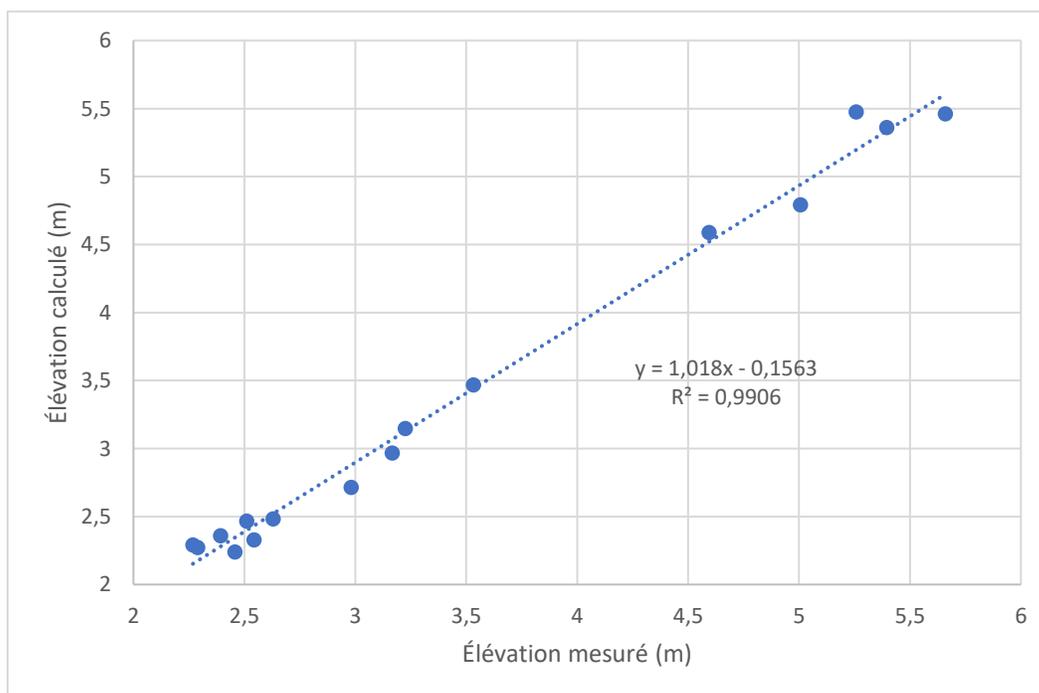
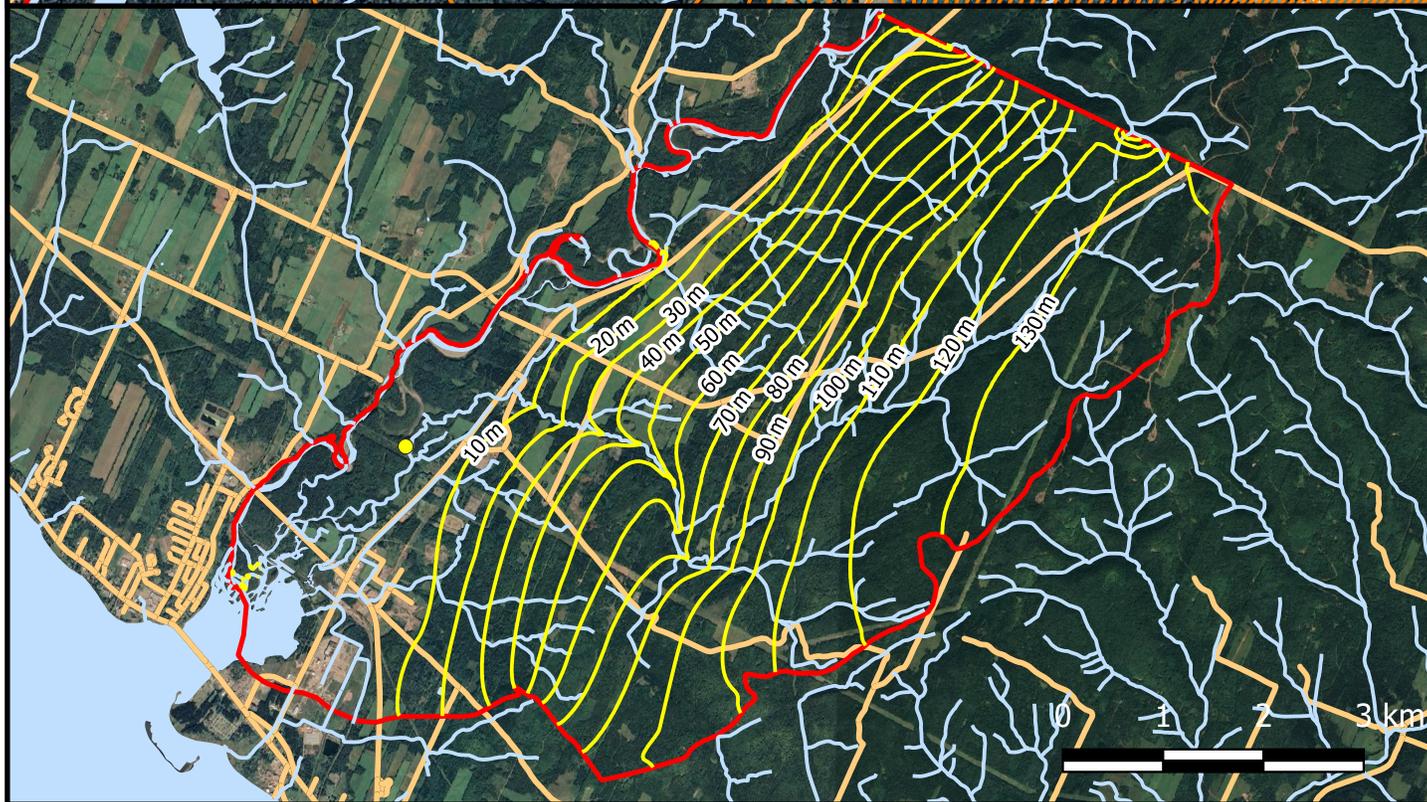
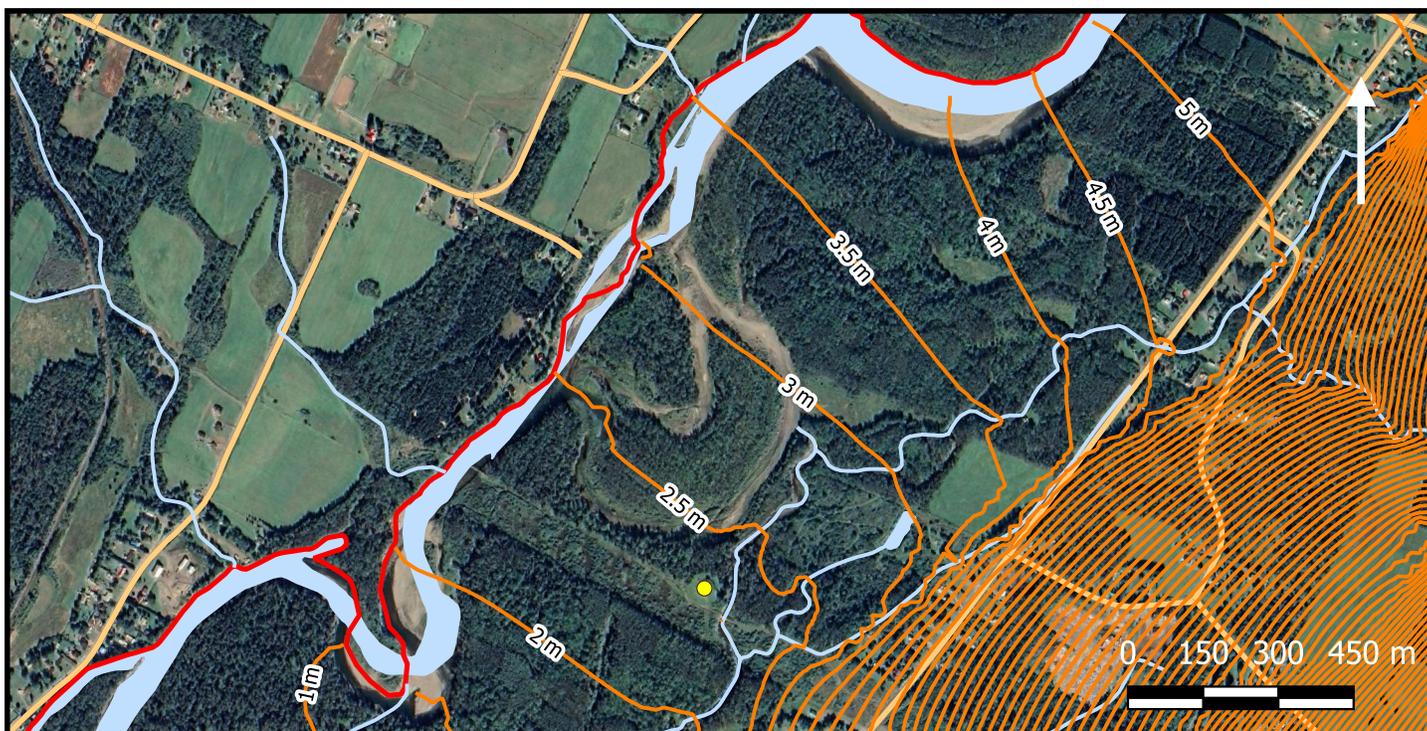


Figure 23 : Corrélation de l'élévation des niveaux d'eau

Avec ces résultats, il est possible de calculer le pourcentage d'erreur RMS normalisé qui, pour représenter un modèle réaliste, doit être inférieur à 10%. Dans le cas présent, la calibration du modèle montre un RMS normalisé de 4,5 % ce qui indique une calibration adéquate du modèle. La figure suivante présente la piézométrie simulée à l'état statique en date du 12 juin 2020.

FIGURE 24 : Piézométrie simulée en état statique



Légende

- Puits à l'étude
- Zone à l'étude
- Courbe piézométrique (0,5 m)
- Courbe piézométrique (10 m)
- Réseau hydrographique
- Réseau routier

CLIENT : Municipalité de New Richmond
 PROJET : Analyse de vulnérabilité, art 68 RPEP (PPASEP)
 LIEU : New Richmond, MRC Bonaventure
 DÉSSINÉ PAR : Annabelle Bouchard-Zee Stag. Géo.
 VÉRIFIÉ PAR : Renald McCormack géo. Hydrogéologue
 DATE : Janvier 2021
 PROJECTION : MTM Zone 5
 ÉCHELLE : 1: 15 000 et 1: 75 000
 PROJET : EP-2020-25
 SOURCE : Google Maps, Canvec (WMS)

2.1.1.6 Analyse de la sensibilité

L'analyse de la sensibilité est réalisée selon la norme ASTM D5611-94. La conductivité hydraulique ainsi que la recharge sont modifiées un paramètre à la fois suivant un facteur de 50 à 150 % de la valeur calibrée. Les résultats obtenus montrent l'évolution de l'erreur RMS normalisée, les erreurs résiduelles des niveaux d'eau en mètres ainsi que le débit total observé au niveau des puits pour les différentes valeurs, ce qui permet de confirmer les valeurs de conductivité hydraulique et de recharge utilisées lors de la calibration. Les figures suivantes montrent les résultats de l'analyse de sensibilité.

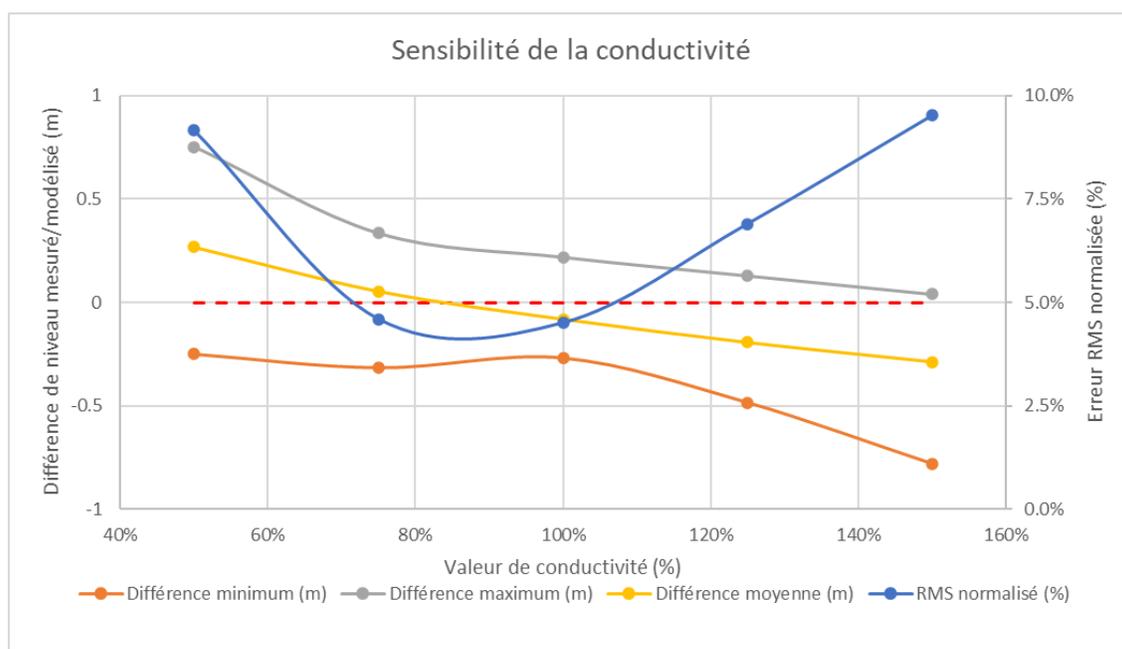


Figure 25 : Analyse de sensibilité – Conductivité hydraulique

Selon les résultats obtenus, les changements des valeurs de conductivité hydraulique ont un impact significatif sur la calibration, mais aucun impact sur la conclusion (aires de protection)

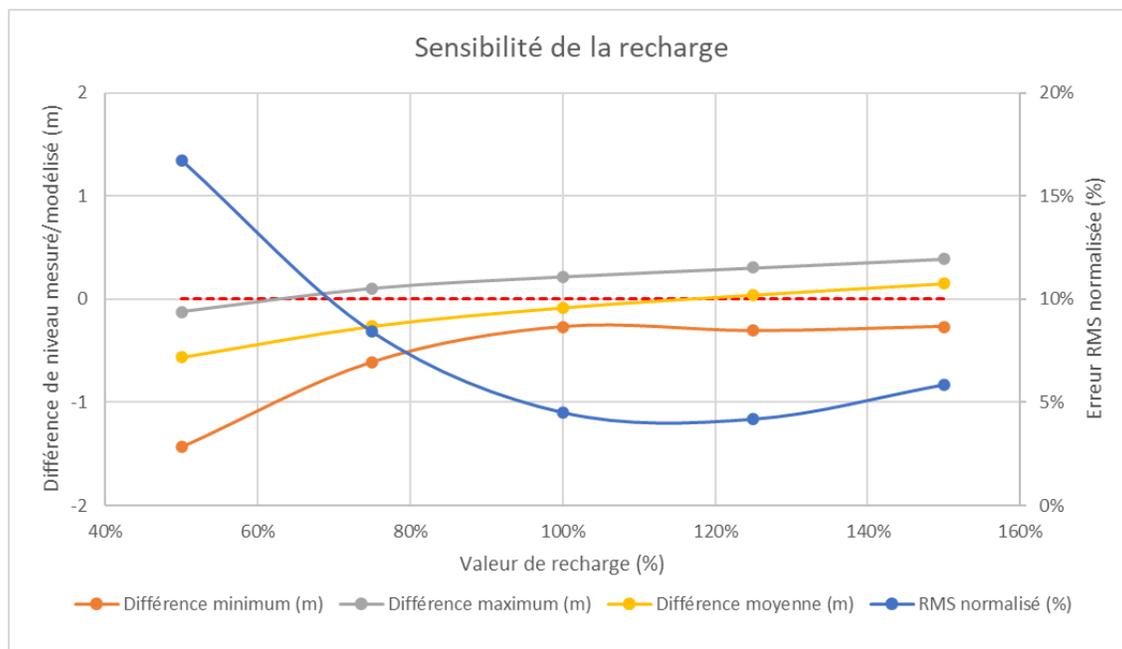


Figure 26 : Analyse de sensibilité – Recharge

Pour ce qui est de la recharge, on observe le même impact important lors de la modification de la calibration pour ces valeurs de paramètres, mais aucun impact significatif pour les aires de protection du modèle.

D'après la norme ASTM D5611-94, le modèle de New Richmond a une sensibilité de type 2 pour la conductivité hydraulique car une modification dans la calibration entraîne un impact significatif de la valeur de ce paramètre. Cependant, le résultat, c'est-à-dire les aires de protection, ne sont pas affectées de façon significative lors des variations. Il en est de même pour la recharge qui est également de type 2 puisqu'une variation implique un changement significatif de la calibration, mais pas des aires de protection. Il est donc possible d'affirmer que les résultats obtenus sont réalistes.

2.1.1.7 Aires de protection

À la suite des résultats de l'analyse de sensibilité qui viennent confirmer la calibration du modèle, un suivi de particules (particle tracking) sur 200 et 550 jours a été effectué sur ce modèle pour déterminer l'étendue des aires de protection intermédiaire bactériologique et virologique. L'aire de protection éloignée est déterminée avec un suivi de particules sur une longue durée et est délimitée par les bassins versants présents dans la zone étudiée. Quant à l'aire de protection immédiate, un rayon fixe de 30 mètres est utilisé.

2.1.1.8 Recommandations et pérennité des résultats

Suite à l'analyse des données piézométriques recueillies sur le terrain, du modèle numérique créé au cours de la présente étude et du suivi de particules réalisé, bien que les résultats obtenus soient considérés comme réalistes, il serait souhaitable d'effectuer une autre campagne de sondages complémentaires afin d'implanter des piézomètres en périphérie de la zone ciblée de l'année 2020, soit les emplacements approximatifs indiqués dans la figure suivante (4 emplacements en rouge) afin de raffiner la piézométrie observée dans ce secteur.



Figure 27 : Localisation des sondages proposés

2.2 Niveaux de vulnérabilité des aires de protection

La vulnérabilité des eaux souterraines a été évaluée à partir des données recueillies lors de la conception du modèle numérique destiné à la réalisation des aires de protection, des données piézométriques simulées et des données topographiques de Canvec. Par ailleurs, le tableau suivant précise les intervalles de vulnérabilité tel que définis à l'article 53 du Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection.

Indice DRASTIC	Degré de vulnérabilité
≤100	Faible
100 à 180	Moyen
≥ 180	Élevé

Tableau 6 : Degré de vulnérabilité en fonction de la valeur de l'indice DRASTIC

Dans le cas présent, les valeurs de l'indice DRASTIC maximales au sein des aires de protection de ce site de prélèvement qui ont été obtenues à partir de l'ensemble des données sont les suivantes :

- Aire de protection intermédiaire bactériologique : 200
- Aire de protection intermédiaire virologique : 203
- Aire de protection éloignée (dépôts granulaires) : 208
- Aire de protection éloignée (socle rocheux) : 203

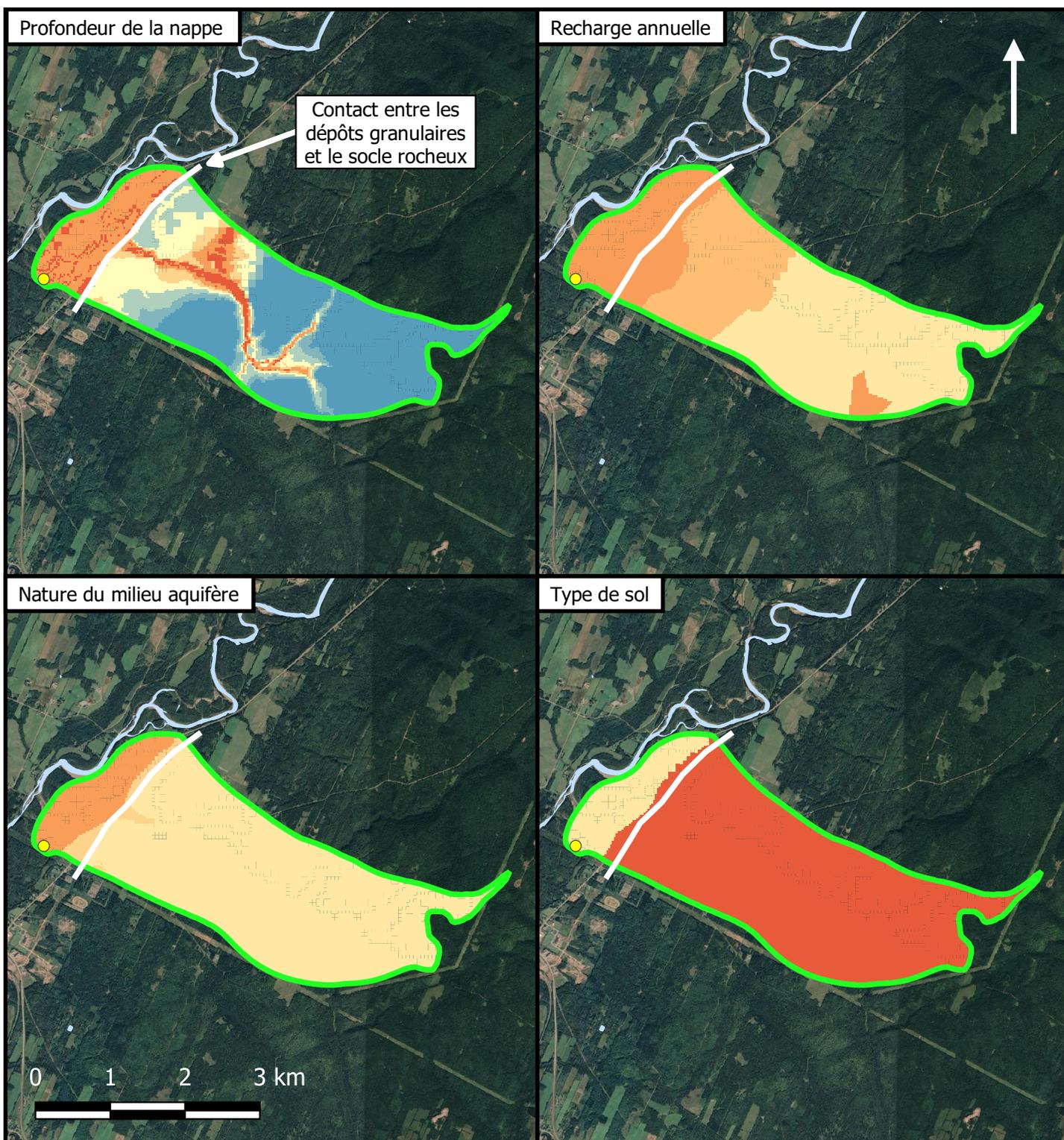
Nous constatons donc que l'ensemble des aires de protection donc être catégorisé comme ayant un indice DRASTIC élevé et dans le cas des dépôts granulaires, certaines restrictions sont alors applicables dans les aires de protection intermédiaire bactériologique et virologique (articles 58, 59, 60, 61, 63 et 64) tel que précisé dans le tableau suivant.

Les valeurs de l'indice de chaque paramètre ainsi que la répartition de l'indice DRASTIC sont présentées dans les figures 28, 29 et 30.

Article RPEP	Aire de protection	Restriction
58	Virologique	À moins d'être réalisé à des fins d'entretien domestique ou d'utiliser des boues certifiées conformes aux normes CAN/BNQ 0413-200, CAN/BNQ 0413-400 ou BNQ 419-090, l'épandage et le stockage, à même le sol, 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 sont interdits dans l'aire de protection intermédiaire virologique d'un prélèvement d'eau souterraine lorsque son niveau de vulnérabilité des eaux est moyen ou élevé
59	Bactériologique, par. 1	L'aménagement d'une cour d'exercice et le stockage, à même le sol, de déjections animales, de matières fertilisantes azotées, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes non certifiées conformes aux normes CAN/BNQ 0413-200, CAN/BNQ 0413-400 ou BNQ 419-090 sont interdits
59	Virologique, par. 2	L'aménagement d'une cour d'exercice et le stockage, à même le sol, de déjections animales, de matières fertilisantes azotées, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes non certifiées conformes aux normes CAN/BNQ 0413-200, CAN/BNQ 0413-400 ou BNQ 419-090 sont interdits lorsque la concentration en nitrates-nitrites est supérieure à 5 mg/l N à deux reprises ou plus sur une période de deux ans.
60	Bactériologique	L'aménagement d'une aire de compostage est interdit
61	Bactériologique	L'aménagement d'un ouvrage de stockage de déjections animales ou d'un bâtiment d'élevage d'animaux est interdit
63	Bactériologique, (par. 3)	Le pâturage et l'épandage de déjections animales, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes non certifiées conformes aux normes CAN/BNQ 0413-200, CAN/BNQ 0413-400 ou BNQ 419-090 sont interdits dans l'aire de protection intermédiaire bactériologique d'un prélèvement d'eau souterraine lorsque son niveau de vulnérabilité des eaux est élevé (paragraphe 1) ou moyen (paragraphe 3) .
63	Virologique, (par. 2)	Le pâturage et l'épandage de déjections animales, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes non certifiées conformes aux normes CAN/BNQ 0413-200, CAN/BNQ 0413-400 ou BNQ 419-090 sont interdits lorsque la concentration en nitrates-nitrites est supérieure à 10 mg/l N à deux reprises ou plus sur une période de deux ans.
64	Bactériologique, (par. 1)	Le pâturage et l'épandage de déjections animales, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes doivent être effectués conformément à la recommandation d'un professionnel
64	Virologique, (par. 2)	Le pâturage et l'épandage de déjections animales, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes doivent être effectués conformément à la recommandation d'un professionnel lorsque la concentration en nitrates-nitrites est supérieure à 5 mg/l N à deux reprises ou plus sur une période de deux ans.

Tableau 7 : Synthèse des restrictions dans les aires de protection intermédiaire

FIGURE 28 : Cotes des paramètres de l'indice DRASTIC 1/2



Légende

- Puits à l'étude
- Aire d'alimentation

Cote des paramètres de l'indice DRASTIC

1	5	9
2	6	10
3	7	
4	8	

CLIENT : Municipalité de New Richmond
 PROJET : Analyse de vulnérabilité, art 68 RPEP (PPASEP)
 LIEU : New Richmond, MRC Bonaventure
 DÉSSINÉ PAR : Annabelle Bouchard-Zee Stag. Géo.
 VÉRIFIÉ PAR : Renald McCormack géo. Hydrogéologue
 DATE : Janvier 2021
 PROJECTION : MTM Zone 5
 ÉCHELLE : 1 : 75 000
 PROJET : EP-2020-25
 SOURCE : Google Earth, Canvec

FIGURE 29 : Cotes des paramètres de l'indice DRASTIC 2/2

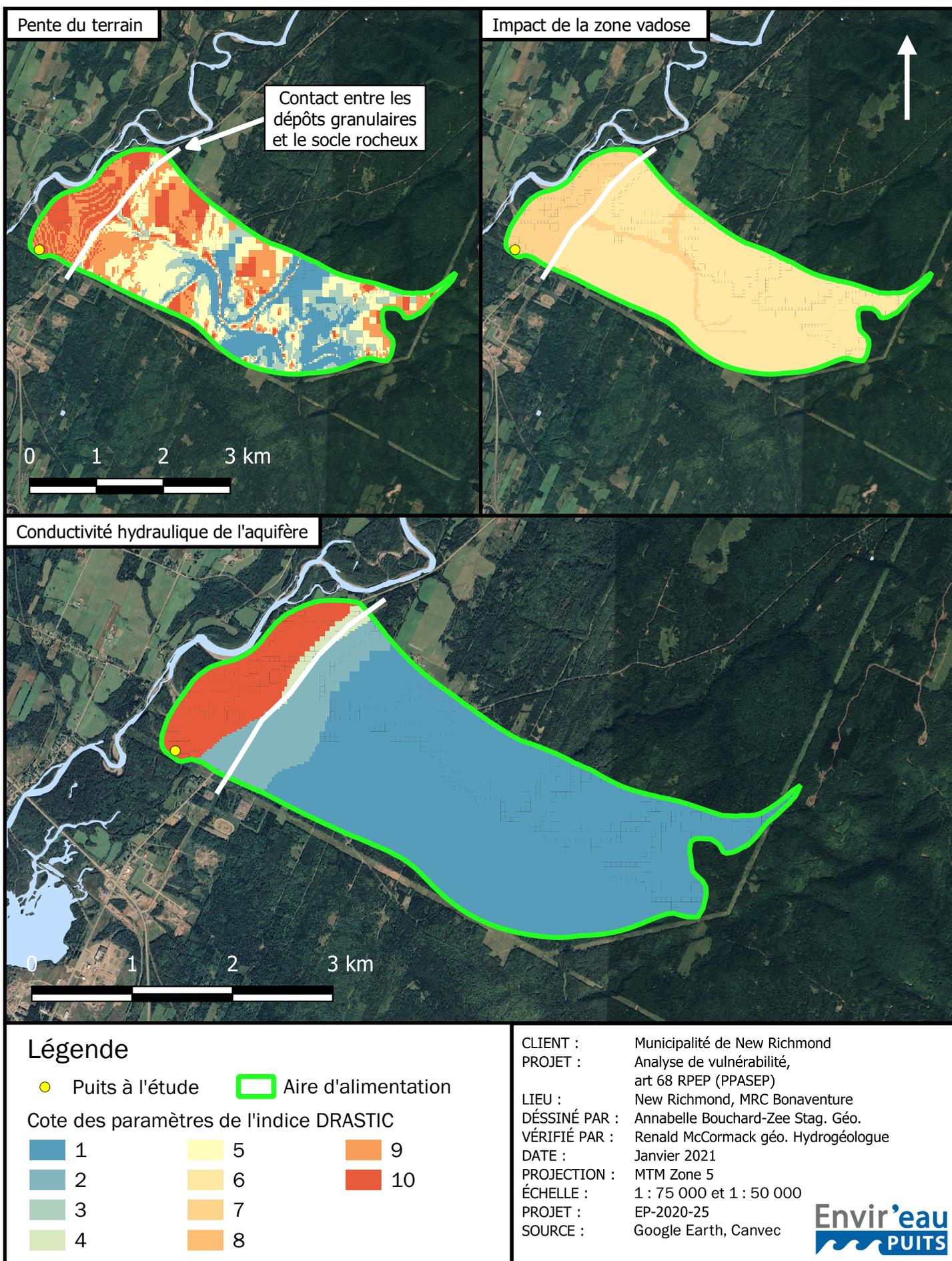
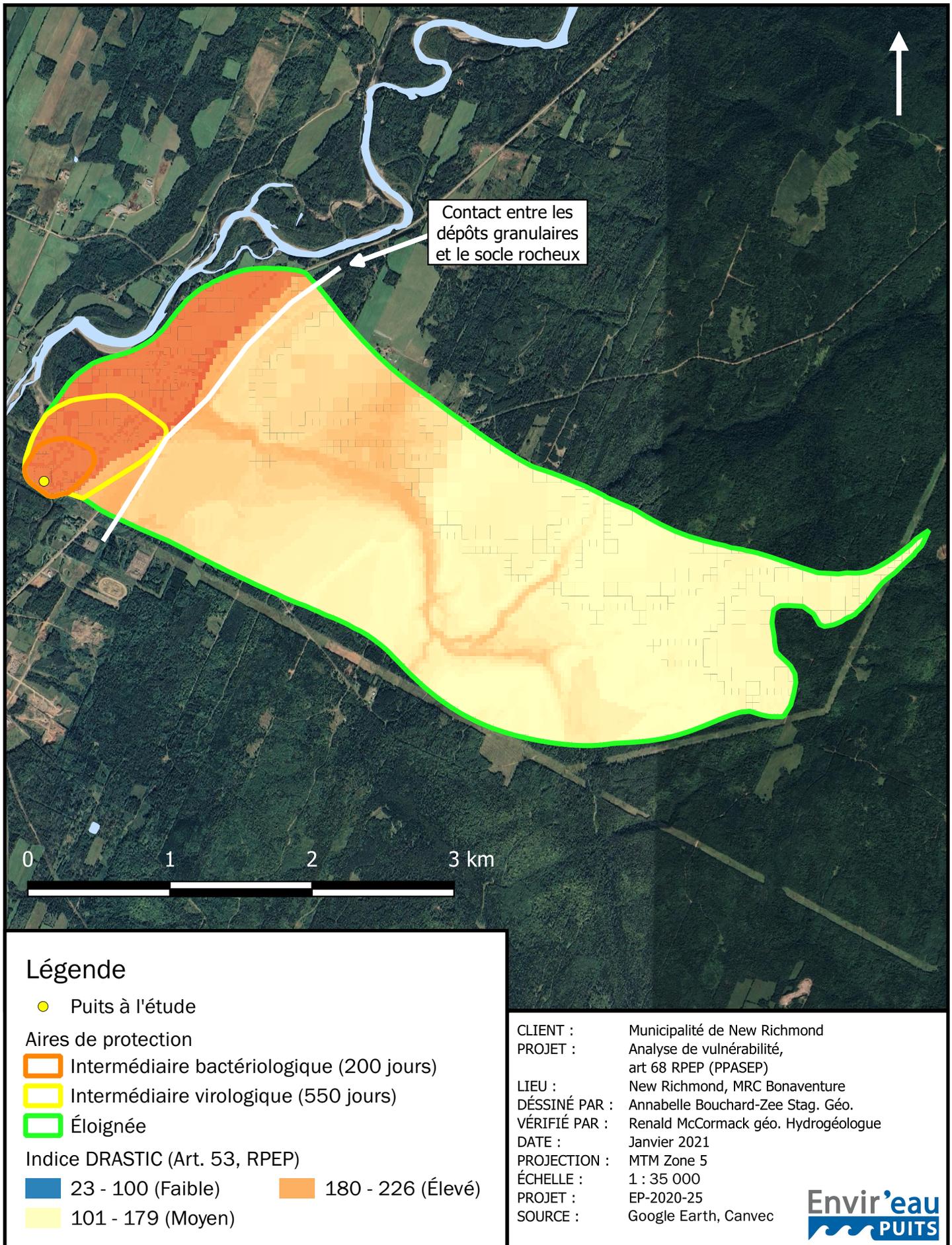


FIGURE 30 : Répartition de l'indice DRASTIC



Rédigé par :



Renald McCormack, géo., hydrogéologue



JANVIER 2021

Annexe 1

Coupes géologiques des tranchées et des piézomètres

Coupe géologique et technique de PZ-1

Client : Municipalité de New Richmond

Localisation : New Richmond

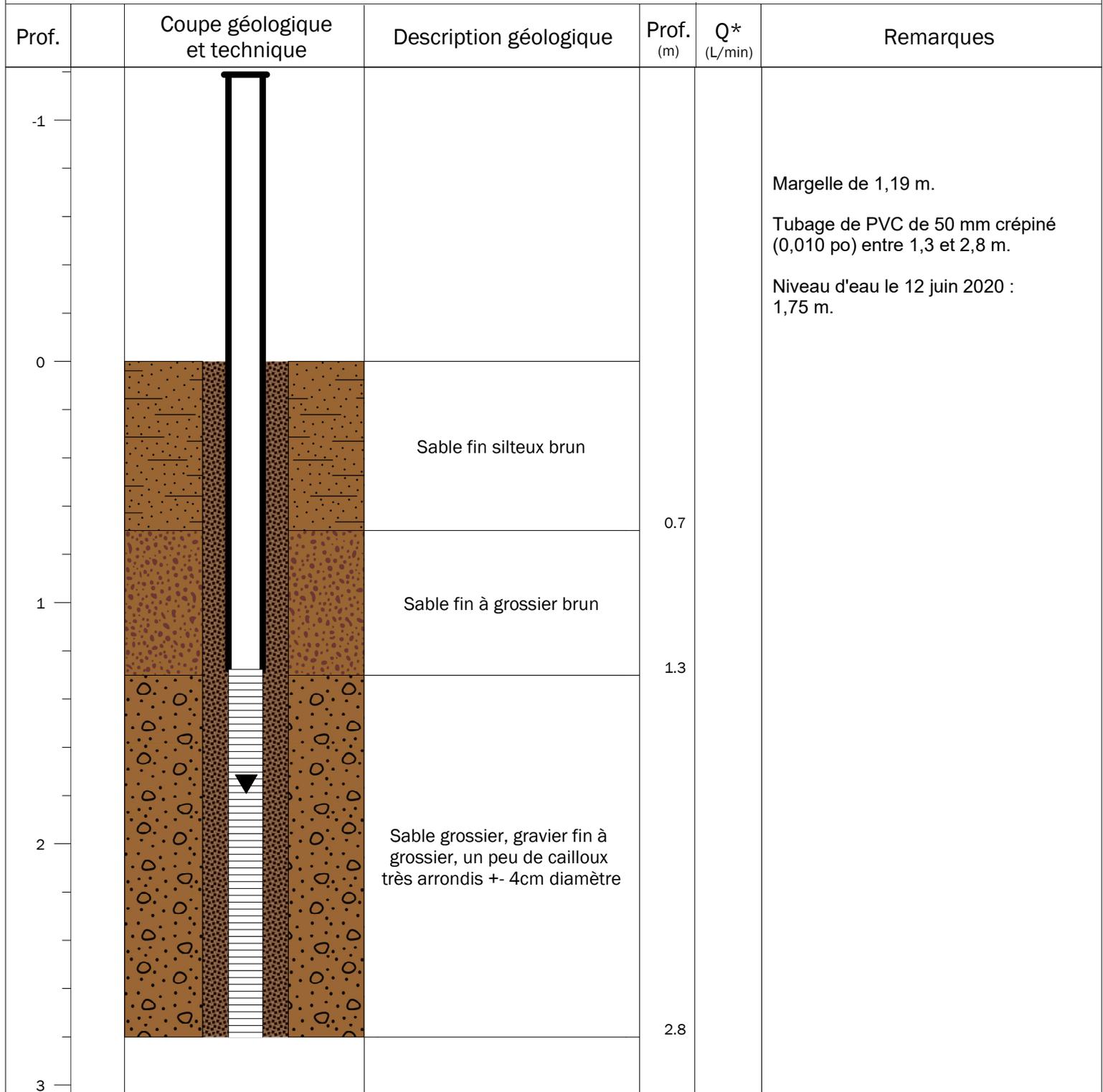
Projet : Analyse de vulnérabilité (art 68 RPEP)

Compagnie de forage : Municipalité de New Richmond

Date : 9 juin 2020

Foreuse : Rétrocaveuse

Coordonnées : X : 206177 m Y : 5338471 m (MTM, zone 5)



Prof. : Profondeur (m)

Élé. : Élévation (m, arbitraire)

Q. : Débit cumulatif (émulsion d'air)



Tubage



Tout-venant



Crépine



Niveau d'eau

Supervisé par : Renald McCormack

Approuvé par : Renald McCormack

Coupe géologique et technique de PZ-3

Client : Municipalité de New Richmond

Localisation : New Richmond

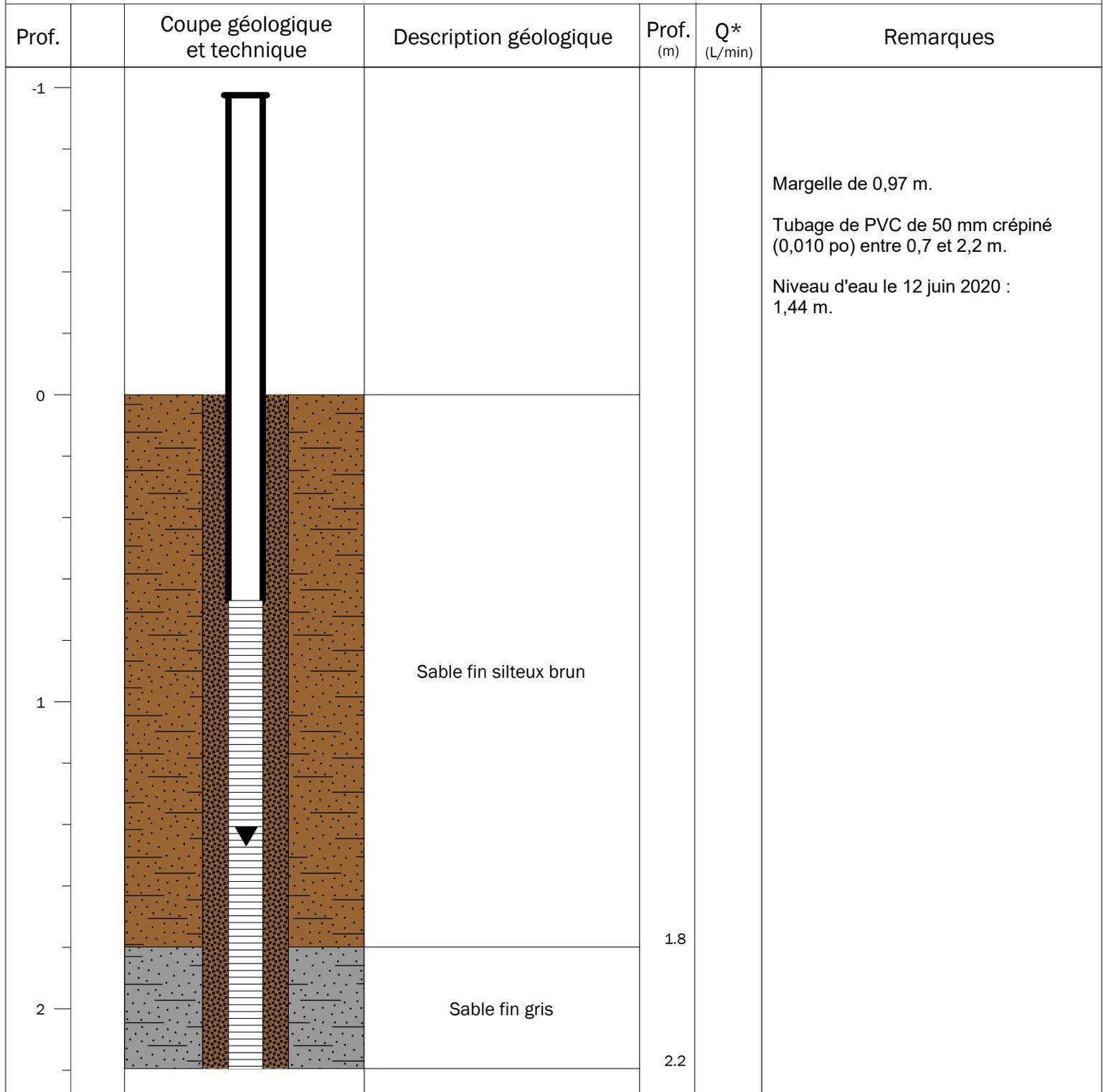
Projet : Analyse de vulnérabilité (art 68 RPEP)

Compagnie de forage : Municipalité de New Richmond

Date : 9 juin 2020

Foreuse : Rétrocaveuse

Coordonnées : X : 206314 m Y : 5338293 m (MTM, zone 5)



Prof. : Profondeur (m)

Élé. : Élévation (m, arbitraire)

Q. : Débit cumulatif (émulsion d'air)



Tubage



Tout-venant



Crépine



Niveau d'eau

Supervisé par : Renald McCormack

Approuvé par : Renald McCormack

Coupe géologique et technique de PZ-7

Client : Municipalité de New Richmond

Localisation : New Richmond

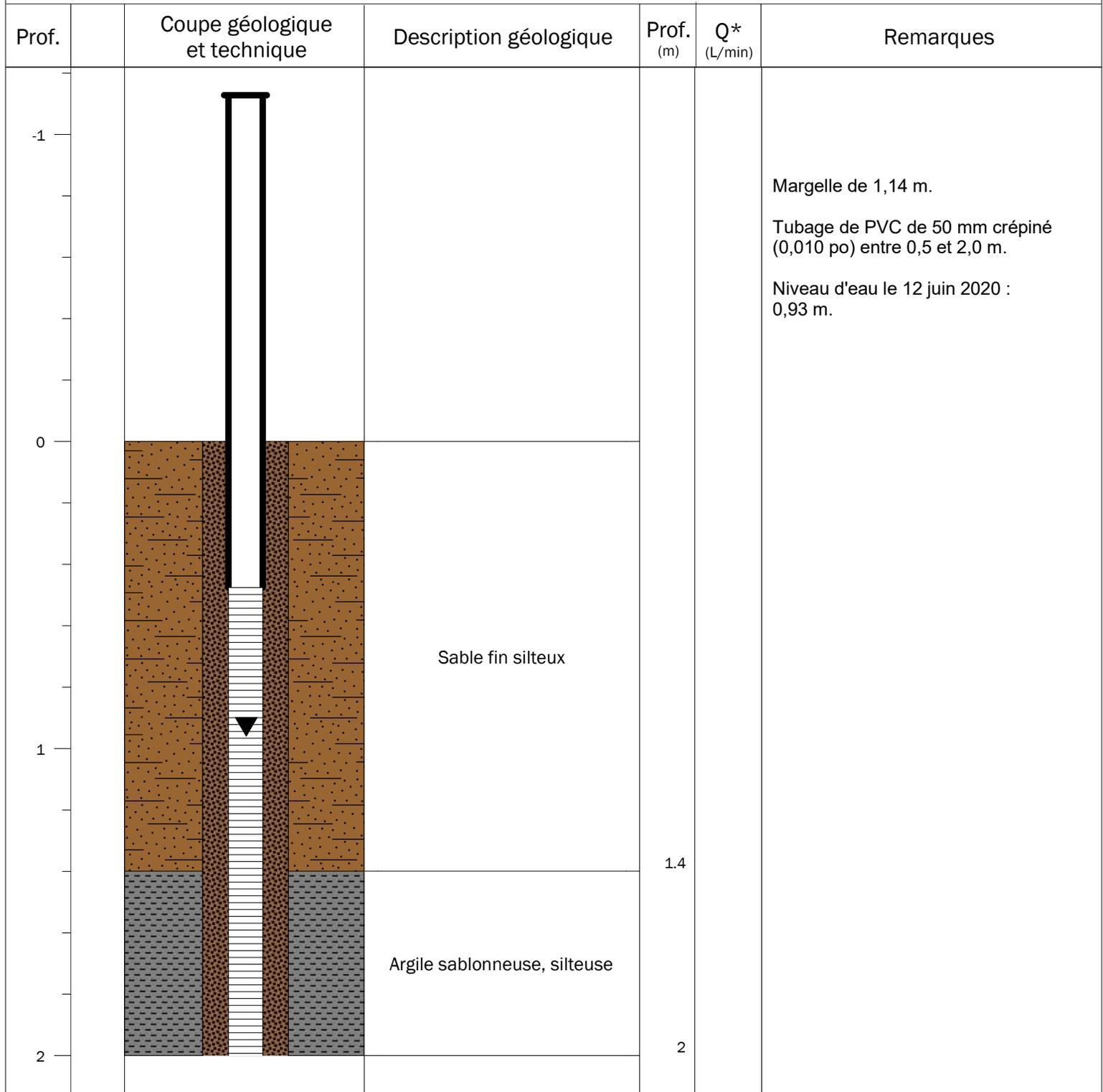
Projet : Analyse de vulnérabilité (art 68 RPEP)

Compagnie de forage : Municipalité de New Richmond

Date : 9 juin 2020

Foreuse : Rétrocaveuse

Coordonnées : X : 206484 m Y : 5338314 m (MTM, zone 5)



Prof. : Profondeur (m)

Élé. : Élévation (m, arbitraire)

Q. : Débit cumulatif (émulsion d'air)



Tubage



Tout-venant



Crépine



Niveau d'eau

Supervisé par : Renald McCormack

Approuvé par : Renald McCormack

Coupe géologique et technique de PZ-8

Client : Municipalité de New Richmond

Localisation : New Richmond

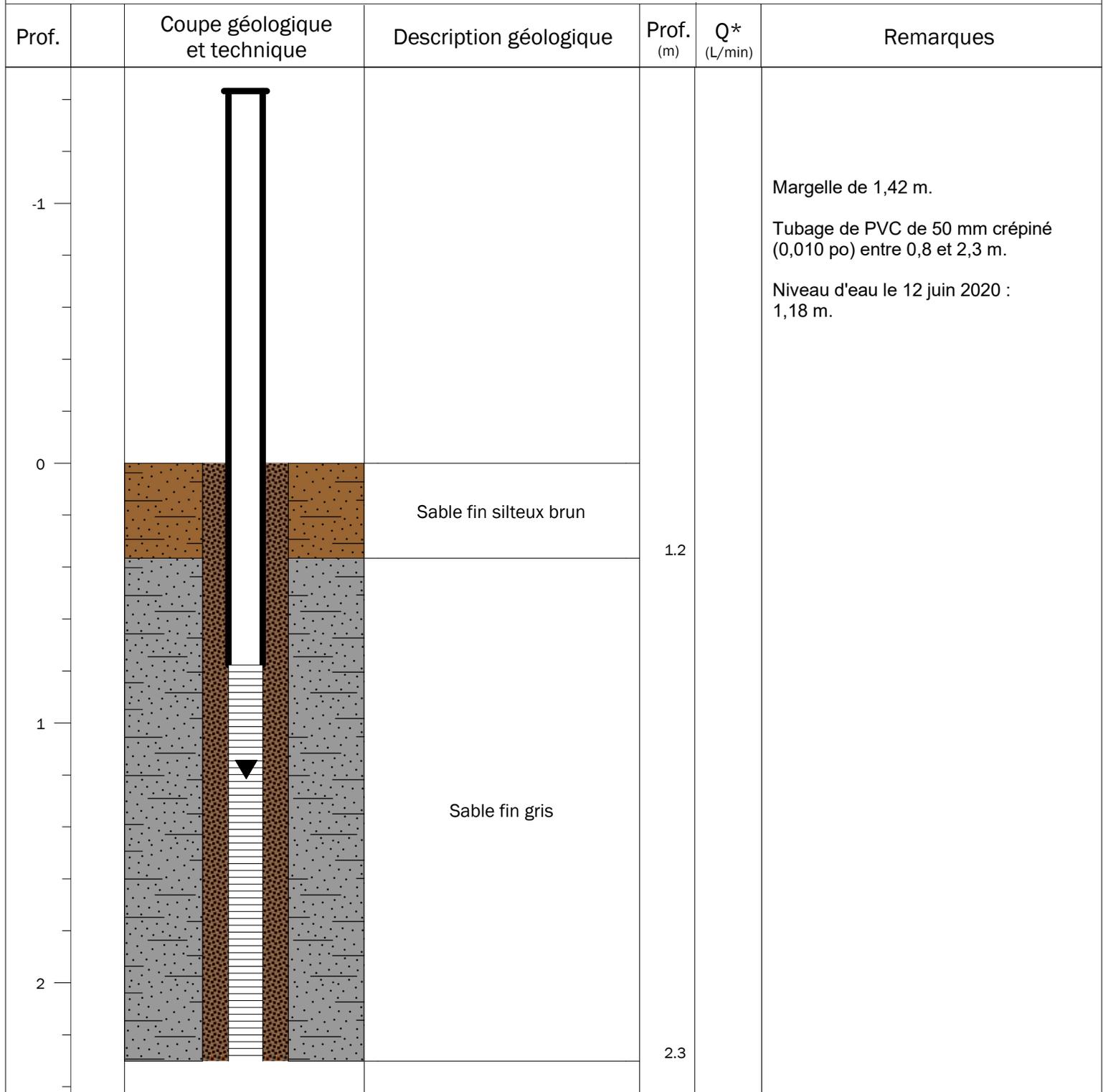
Projet : Analyse de vulnérabilité (art 68 RPEP)

Compagnie de forage : Municipalité de New Richmond

Date : 9 juin 2020

Foreuse : Rétrocaveuse

Coordonnées : X : 206140 m Y : 5338401 m (MTM, zone 5)



Prof. : Profondeur (m)

Élé. : Élévation (m, arbitraire)

Q. : Débit cumulatif (émulsion d'air)



Tubage



Tout-venant



Crépine



Niveau d'eau

Supervisé par : Renald McCormack

Approuvé par : Renald McCormack

Coupe géologique et technique de TR-1

Client : Municipalité de New Richmond

Localisation : New Richmond

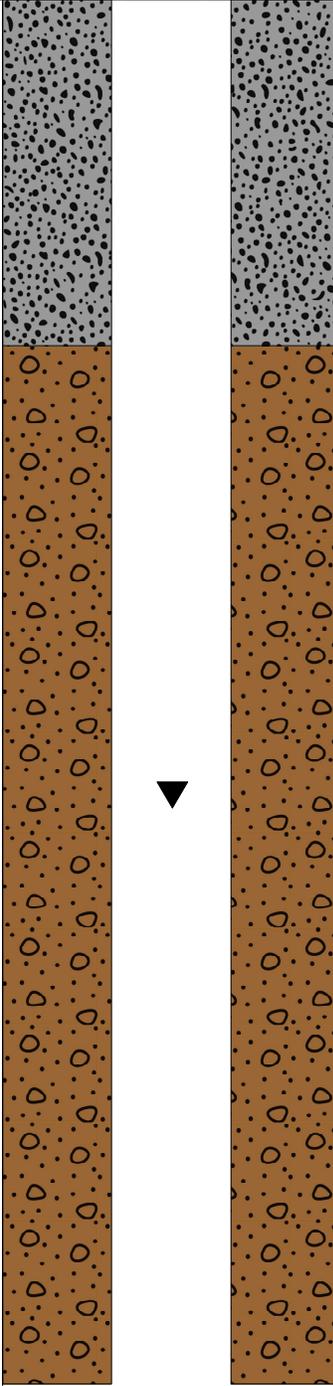
Projet : Analyse de vulnérabilité (art 68 RPEP)

Compagnie de forage : Municipalité de New Richmond

Date : 10 juin 2020

Foreuse : Rétrocaveuse

Coordonnées : X : 207323 m Y : 5339105 m (MTM, zone 5)

Prof.	Coupe géologique et technique	Description géologique	Prof. (m)	Q* (L/min)	Remarques
0		Sable fin à grossier, un peu de gravier	0.5		Aucune installation. Niveau d'eau le 12 juin 2020 : 1,15 m.
1		Sable grossier, gravier fin à grossier, cailloux très arrondis jusqu'à 15cm diamètre			
2			2		

Prof. : Profondeur (m)

Élé. : Élévation (m, arbitraire)

Q. : Débit cumulatif (émulsion d'air)



Tubage



Tout-venant



Crépine



Niveau d'eau

Supervisé par : Renald McCormack

Approuvé par : Renald McCormack

Coupe géologique et technique de TR-3

Client : Municipalité de New Richmond

Localisation : New Richmond

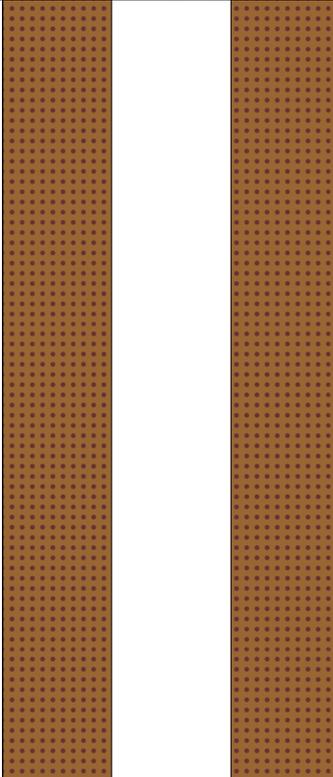
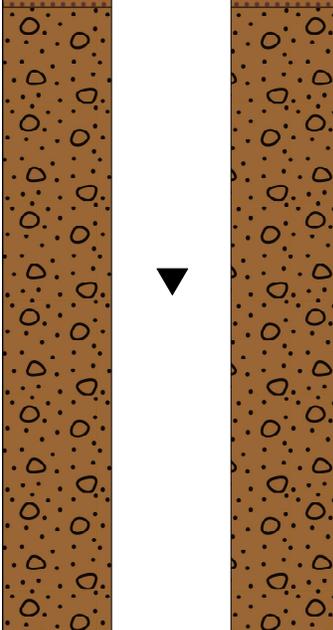
Projet : Analyse de vulnérabilité (art 68 RPEP)

Compagnie de forage : Municipalité de New Richmond

Date : 10 juin 2020

Foreuse : Rétrocaveuse

Coordonnées : X : 207145 m Y : 5339198 m (MTM, zone 5)

Prof.	Coupe géologique et technique	Description géologique	Prof. (m)	Q* (L/min)	Remarques
0		Sable fin brun			Aucune installation. Niveau d'eau le 12 juin 2020 : 1,35 m.
1		Sable grossier, gravier fin à grossier, beaucoup de cailloux très arrondis atteignant 15-25 cm	1		
			1.8		

Prof. : Profondeur (m)

Élé. : Élévation (m, arbitraire)

Q. : Débit cumulatif (émulsion d'air)



Tubage



Tout-venant



Crépine



Niveau d'eau

Supervisé par : Renald McCormack

Approuvé par : Renald McCormack

Coupe géologique et technique de TR-4

Client : Municipalité de New Richmond

Localisation : New Richmond

Projet : Analyse de vulnérabilité (art 68 RPEP)

Compagnie de forage : Municipalité de New Richmond

Date : 10 juin 2020

Foreuse : Rétrocaveuse

Coordonnées : X : 206871 m Y : 5338711 m (MTM, zone 5)

Prof.	Coupe géologique et technique	Description géologique	Prof. (m)	Q* (L/min)	Remarques
0		Sable fin brun silteux	2		<p>Aucune installation.</p> <p>Niveau d'eau le 12 juin 2020 : 2,18 m.</p>
1					
2					
		Sable grossier, gravier fin à grossier, beaucoup de cailloux très arrondis atteignant 15 cm diam	2.4		

Prof. : Profondeur (m)

Élé. : Élévation (m, arbitraire)

Q. : Débit cumulatif (émulsion d'air)



Tubage



Tout-venant



Crépine



Niveau d'eau

Supervisé par : Renald McCormack

Approuvé par : Renald McCormack

Coupe géologique et technique de TR-11

Client : Municipalité de New Richmond

Localisation : New Richmond

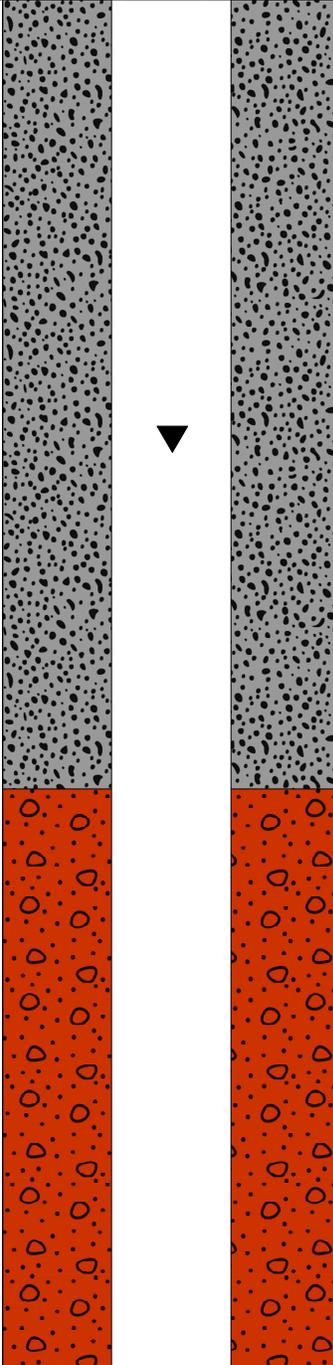
Projet : Analyse de vulnérabilité (art 68 RPEP)

Compagnie de forage : Municipalité de New Richmond

Date : 9 juin 2020

Foreuse : Rétrocaveuse

Coordonnées : X : 206258 m Y : 5338532 m (MTM, zone 5)

Prof.	Coupe géologique et technique	Description géologique	Prof. (m)	Q* (L/min)	Remarques
0		Sable fin à grossier, sec			Aucune installation. Niveau d'eau le 12 juin 2020 : 0,71 m.
1		Sable grossier, gravier, cailloux fin silteux, rouge			
2					

Prof. : Profondeur (m)

Élé. : Élévation (m, arbitraire)

Q. : Débit cumulatif (émulsion d'air)



Tubage



Tout-venant



Crépine



Niveau d'eau

Supervisé par : Renald McCormack

Approuvé par : Renald McCormack

Coupe géologique et technique de TR-13

Client : Municipalité de New Richmond

Localisation : New Richmond

Projet : Analyse de vulnérabilité (art 68 RPEP)

Compagnie de forage : Municipalité de New Richmond

Date : 9 juin 2020

Foreuse : Rétrocaveuse

Coordonnées : X : 206675 m Y : 5338165 m (MTM, zone 5)

Prof.	Coupe géologique et technique	Description géologique	Prof. (m)	Q* (L/min)	Remarques
0		Gravier et cailloux, rouge, sec	1.5		Aucune installation. Niveau d'eau le 12 juin 2020 : 1,38 m.
1					

Prof. : Profondeur (m)

Élé. : Élévation (m, arbitraire)

Q. : Débit cumulatif (émulsion d'air)



Tubage



Tout-venant



Crépine



Niveau d'eau

Supervisé par : Renald McCormack

Approuvé par : Renald McCormack

Coupe géologique et technique de TR-15

Client : Municipalité de New Richmond

Localisation : New Richmond

Projet : Analyse de vulnérabilité (art 68 RPEP)

Compagnie de forage : Municipalité de New Richmond

Date : 10 juin 2020

Foreuse : Rétrocaveuse

Coordonnées : X : 207007 m Y : 5338637 m (MTM, zone 5)

Prof.	Coupe géologique et technique	Description géologique	Prof. (m)	Q* (L/min)	Remarques
0		Sable fin silteux brun			Aucune installation. Niveau d'eau le 12 juin 2020 : Aucune arrivée d'eau.
1			1.2		
2		Sable plus grossier, gravier fin	2.2		

Prof. : Profondeur (m)

Élé. : Élévation (m, arbitraire)

Q. : Débit cumulatif (émulsion d'air)



Tubage



Tout-venant



Crépine



Niveau d'eau

Supervisé par : Renald McCormack

Approuvé par : Renald McCormack

Coupe géologique et technique de TR-17

Client : Municipalité de New Richmond

Localisation : New Richmond

Projet : Analyse de vulnérabilité (art 68 RPEP)

Compagnie de forage : Municipalité de New Richmond

Date : 10 juin 2020

Foreuse : Rétrocaveuse

Coordonnées : X : 207296 m Y : 5339735 m (MTM, zone 5)

Prof.	Coupe géologique et technique	Description géologique	Prof. (m)	Q* (L/min)	Remarques
0		Sable fin brun silteux	2		<p>Aucune installation.</p> <p>Niveau d'eau le 12 juin 2020 : 1,87 m.</p>
1					
2		Sable grossier, gravier fin à grossier, beaucoup de cailloux très arrondis atteignant 15 cm diam			

Prof. : Profondeur (m)

Élé. : Élévation (m, arbitraire)

Q. : Débit cumulatif (émulsion d'air)



Tubage



Tout-venant



Crépine



Niveau d'eau

Supervisé par : Renald McCormack

Approuvé par : Renald McCormack

