



Analyse de la vulnérabilité de la source pour les prélèvements d'eau souterraine

N° X2002616-1

N° X2002616-2

N° X2002616-3

N° X2002616-4

En vertu de l'article 68 du RPEP

Dossier : V0419-01
Rapport : V0419-01A

Avril 2021



470-7050 boul. Hamel Ouest
Québec, QC G2G 1B5
Téléphone : (418) 877-6168
Télécopie : (418) 877-0388
Courriel : arrakis@arrakis-consultants.ca
Site internet : www.arrakis-consultants.ca

Déclaration du professionnel – Analyse de la vulnérabilité dans le cadre du Programme pour une protection accrue des sources d’eau potable (PPASEP)

Déclaration du professionnel pour Saint-Frédéric
(nom de la ville ou la municipalité)

Je, soussigné(e), Dominique Proulx
(prénom et nom)

à l’emploi de Arrakis Consultants inc.
(nom de l’employeur)

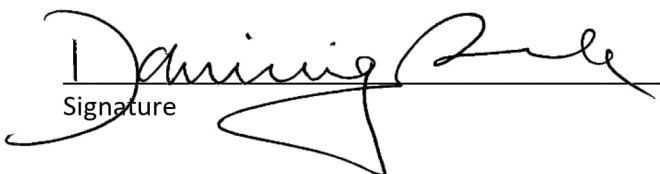
faisant partie de L’ordre des Ingénieurs du Québec
(nom de l’ordre professionnel)

et dont le numéro de membre est le 34995
(numéro de membre)

déclare que :

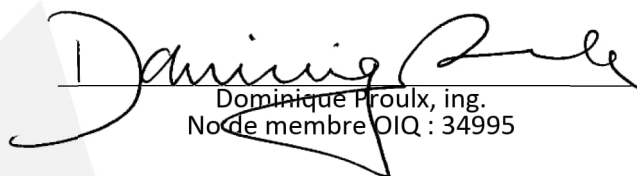
- Le rapport d’analyse de la vulnérabilité des sources d’eau potable est conforme aux dispositions du *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP)*,
- Le contenu du rapport remis respecte la démarche d’analyse de vulnérabilité décrite dans le *Guide de réalisation des analyses de vulnérabilité des sources destinées à l’alimentation en eau potable au Québec*,
- Le cas échéant, la méthodologie utilisée est conforme à celle décrite dans le guide technique *Détermination des aires de protection des prélèvements d’eau souterraine et des indices de vulnérabilité DRASTIC* pour la délimitation des aires de protections et leurs niveaux de vulnérabilité.


Signé le 30 avril 2021 à Québec
Date Ville



Signature

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Arrakis Consultants Inc.


Chargé de projet
Révision de la rédaction
Dominique Proulx, ing.
No de membre OIQ : 34995


Activités, Événements, Affectations, Menaces
Christine Bélanger, ing.
No de membre OIQ : 5020247


Révision de la délimitation des aires de protection et de l'indice de vulnérabilité
Rédaction
René Lamontagne, ing.
N° de membre OIQ : 47960

Assafa Touré, adj. Adm.

Édition et montage

Guillaume Royer, Tech.

Dessins

Kevin Nonguierma, Tech.

Municipalité de Saint-Frédéric

Cathy Poulain, Directrice générale

Données de qualité d'eau

Steeve Breton, inspecteur en bâtiment et environnement

Description des installations
Données de production d'eau

RÉFÉRENCE À CITER

Arrakis Consultants Inc., Municipalité de Saint-Frédéric, 2020. Analyse de la vulnérabilité de la source pour les prélèvements d'eau souterraine No. X2002616-1, No. X2002616-2, No. X2002616-3 et No. X2002616-4 en vertu de l'article 68 du RPEP, rapport préparé pour la municipalité de Saint-Frédéric, 38 p. + annexes.

Propriété et confidentialité

« À moins d'entente entre Arrakis Consultants Inc. et son client à l'effet contraire, tous les documents, qu'ils soient imprimés ou électroniques, ainsi que tous les droits de propriété intellectuelle qui y sont contenus, appartiennent exclusivement à Arrakis Consultants Inc. et la municipalité laquelle réserve tous ses droits d'auteur. Toute utilisation ou reproduction sous quelque forme que ce soit, même partielle, est strictement interdite à moins d'obtenir leur autorisation ».

TABLE DES MATIÈRES

DÉCLARATION DU PROFESSIONNEL	i
ÉQUIPE DE RÉALISATION	ii
RÉFÉRENCE À CITER	iii
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES ANNEXES	vi
1. CARACTÉRISATION DU PRÉLÈVEMENT D’EAU.....	1
1.1 DESCRIPTION DES SITES DE PRÉLÈVEMENT	1
1.1.1 DESCRIPTION DES INFRASTRUCTURES DE PRÉLÈVEMENT	14
1.1.2 INSTALLATION DE PRODUCTION D’EAU POTABLE	14
1.2 PLAN DE LOCALISATION DES AIRES DE PROTECTION DU SITE DE PRÉLÈVEMENT	17
1.2.1 VALIDATION DU DÉBIT D’EXPLOITATION - CALCUL DU DÉBIT MOYEN JOURNALIER MAXIMUM	18
1.2.2 DÉLIMITATION DES AIRES DE PROTECTION	20
1.2.2.1 AIRE DE PROTECTION IMMÉDIATE.....	20
1.2.2.2 AIRES DE PROTECTION INTERMÉDIAIRE ET ÉLOIGNÉE	20
1.3 NIVEAUX DE VULNÉRABILITÉ DES AIRES DE PROTECTION	25
2. INVENTAIRE DES ACTIVITÉS - ÉVALUATION DES MENACES	28
3. INVENTAIRE DES ÉVÉNEMENTS POTENTIELS - ÉVALUATION DES MENACES.....	32
4. INVENTAIRE DES AFFECTATIONS DU TERRITOIRE	34
5. IDENTIFICATION DES PROBLÈMES AVÉRÉS ET DE LEURS CAUSES PROBABLES.....	34
6. INFORMATIONS MANQUANTES.....	37
RÉFÉRENCES	38

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : PHOTOS DE L'INSTALLATION DE PRÉLÈVEMENT X2002616-4 (PUITS P-1)	3
FIGURE 2 : VUE EN COUPE DE LA CONSTRUCTION DE L'INSTALLATION DE PRÉLÈVEMENT X2002616-4 (PUITS P-1)	4
FIGURE 3 : PHOTOS DE L'INSTALLATION DE PRÉLÈVEMENT X2002616-3 (PUITS P-2)	6
FIGURE 4 : <i>VUE EN COUPE DE LA CONSTRUCTION DE L'INSTALLATION DE PRÉLÈVEMENT X2002616-3 (PUITS P-2)</i>	7
FIGURE 5 : PHOTOS DE L'INSTALLATION DE PRÉLÈVEMENT X2002616-2 (PUITS P-3)	9
FIGURE 6 : <i>VUE EN COUPE DE LA CONSTRUCTION DE L'INSTALLATION DE PRÉLÈVEMENT X2002616-2 (PUITS P-3)</i>	10
FIGURE 7 : PHOTOS DE L'INSTALLATION DE PRÉLÈVEMENT X2002616-1 (PUITS P-4)	12
FIGURE 8 : <i>VUE EN COUPE DE LA CONSTRUCTION DE L'INSTALLATION DE PRÉLÈVEMENT X2002616-1 (PUITS P-4)</i>	13
FIGURE 9 : PHOTOS DE L'INSTALLATION DE PRODUCTION X2002616	15
FIGURE 10 : LOCALISATION DES INSTALLATIONS DE PRELEVEMENT ET DE PRODUCTION DE LA MUNICIPALITE DE SAINT-FREDERIC.....	16
FIGURE 11 : AIRES DE PROTECTION DES PUIITS.....	24
FIGURE 12 : ÉVOLUTION DU PRÉLÈVEMENT D'EAU.....	36

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LISTE DES PRODUITS CHIMIQUES UTILISES POUR LE TRAITEMENT	15
TABLEAU 2 : VOLUMES D'EAU PRÉLEVÉS AUX SITES DE PRÉLÈVEMENT	18
TABLEAU 3 : ÉVALUATION DU DÉBIT DE PRODUCTION MOYENNE MAXIMALE DES PUIITS P-1 À P-4	19
TABLEAU 4 : PARAMÈTRES UTILISÉS POUR LA DÉLIMITATION DES AIRES DE PROTECTION	22
TABLEAU 5 : DIMENSIONS DES AIRES DE PROTECTION.....	23
TABLEAU 6 : NIVEAUX DE VULNÉRABILITÉ – P-1	25
TABLEAU 7 : NIVEAUX DE VULNÉRABILITÉ – P-2, P-3, P-4.....	25
TABLEAU 8 : INDICE DRASTIC DES DIFFÉRENTES AIRES DU PUIITS P-1	26
TABLEAU 9 : INDICE DRASTIC DES AIRES COMBINÉES DES PUIITS P-2, P-3 ET P-4.....	27
TABLEAU 10 : EXEMPLES DE GROUPES DE CONTAMINANTS PAR TYPES D'USAGES ET ACTIVITÉS	29
TABLEAU 11 : RESUME DU POTENTIEL DE RISQUE RETENU (P-1) - ACTIVITES.....	30
TABLEAU 12 : RESUME DU POTENTIEL DE RISQUE RETENU (P-2, P-3 ET P-4) - ACTIVITES.....	30
TABLEAU 13 : LISTE DES CODES CUBF (ACTIVITÉS).....	30
TABLEAU 14 : RESUME DU POTENTIEL DE RISQUE RETENU (P-1) - ÉVÈNEMENTS.....	33
TABLEAU 15 : RESUME DU POTENTIEL DE RISQUE RETENU (P-2, P-3 ET P-4) – ÉVÈNEMENTS.....	33
TABLEAU 16 : LISTE DES CODES CUBF (ÉVÈNEMENTS).....	33

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : TABLEAUX A4

ANNEXES SUR CD-ROM

ANNEXE 2 : FICHIERS SHAPEFILES (LOCALISATION)

ANNEXE 3 : TABLEAUX EAU SOUTERRAINE



1. CARACTÉRISATION DU PRÉLÈVEMENT D'EAU

Nous présentons dans les pages suivantes, les informations destinées à répondre aux exigences du paragraphe 1 du premier alinéa de l'article 68 du Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP). Elles contiennent les différents renseignements associés aux installations de prélèvement d'eau souterraine et leur aménagement ainsi que celles concernant l'installation de production d'eau de la municipalité de Saint-Frédéric.

Les renseignements présentés sont tirés des différentes études hydrogéologiques réalisées pour le prélèvement d'eau ainsi que des travaux supplémentaires réalisés à la suite de l'entrée en vigueur du RPEP et de la collecte d'informations auprès des intervenants de la municipalité. Ces renseignements ont été complétés par une visite des installations de prélèvement et de production d'eau.

1.1 DESCRIPTION DES SITES DE PRÉLÈVEMENT

La municipalité de Saint-Frédéric s'alimente en eau au moyen de quatre puits de surface identifiés puits P-1, P-2, P-3 et P-4. Ces derniers auraient été aménagés en 1965, à l'endroit de résurgences, à environ 2 km à l'ouest de l'agglomération municipale. L'eau des puits P-2, P-3 et P-4 est acheminée par écoulement gravitaire au puits P-1 et l'eau des quatre puits est ensuite dirigée (toujours de façon gravitaire) vers un réservoir d'emmagasinement situé à environ 500 m en aval du puits P-1.

L'information concernant chaque installation de prélèvement est présentée en séquence dans les pages suivantes. Pour chaque ouvrage de prélèvement, le lecteur y trouvera les données descriptives, des photos ainsi que les vues en coupe de leur aménagement.

Il est à noter que la représentation des sites de prélèvement dans un format géographique numérique (fichiers Shapefiles) servant à décrire et localiser les sites de prélèvement est présentée à l'annexe 2 sur support numérique (CD-ROM).



Description de l'installation de prélèvement(P-1)

Numéro de l'installation de production d'eau	X2002616
Nom de l'installation de production de l'eau	Installation de production Saint-Frédéric
Numéro du site de prélèvement	X2002616-4
Nom du site de prélèvement approvisionnement :19109	St-Frédéric-Source 1-SBU NO
Note :	
Coordonnées géographiques (Degrés décimaux) NAD 83, Ellipsoïde GRS 1980	Lat.: 46.282183 Long.: -71.029060
Type de prélèvement	Puits de surface
Types d'usage du site	Puits permanent
Diamètre de l'ouvrage (mm)	environ 1 800
Profondeur (m)	Un peu moins de 1,83
Type d'aquifère	Granulaire
Date de construction	1965
Numéro de l'autorisation	7311-12-01-23550-03; 120010157
Date de l'autorisation	9 juillet 2001
Note : Il s'agit de l'autorisation pour l'installation d'un système de désinfection	
Débit de prélèvement autorisé (m ³ /j)	Pas retrouvé cette information

Note : Aucune valeur de débit autorisé n'est mentionnée dans l'autorisation



Photos annotées(P-1)



Vue du puits P-1 et de son périmètre clôturé (16 septembre 2020)

Figure 1 : Photos de l'installation de prélèvement X2002616-4 (puits P-1)

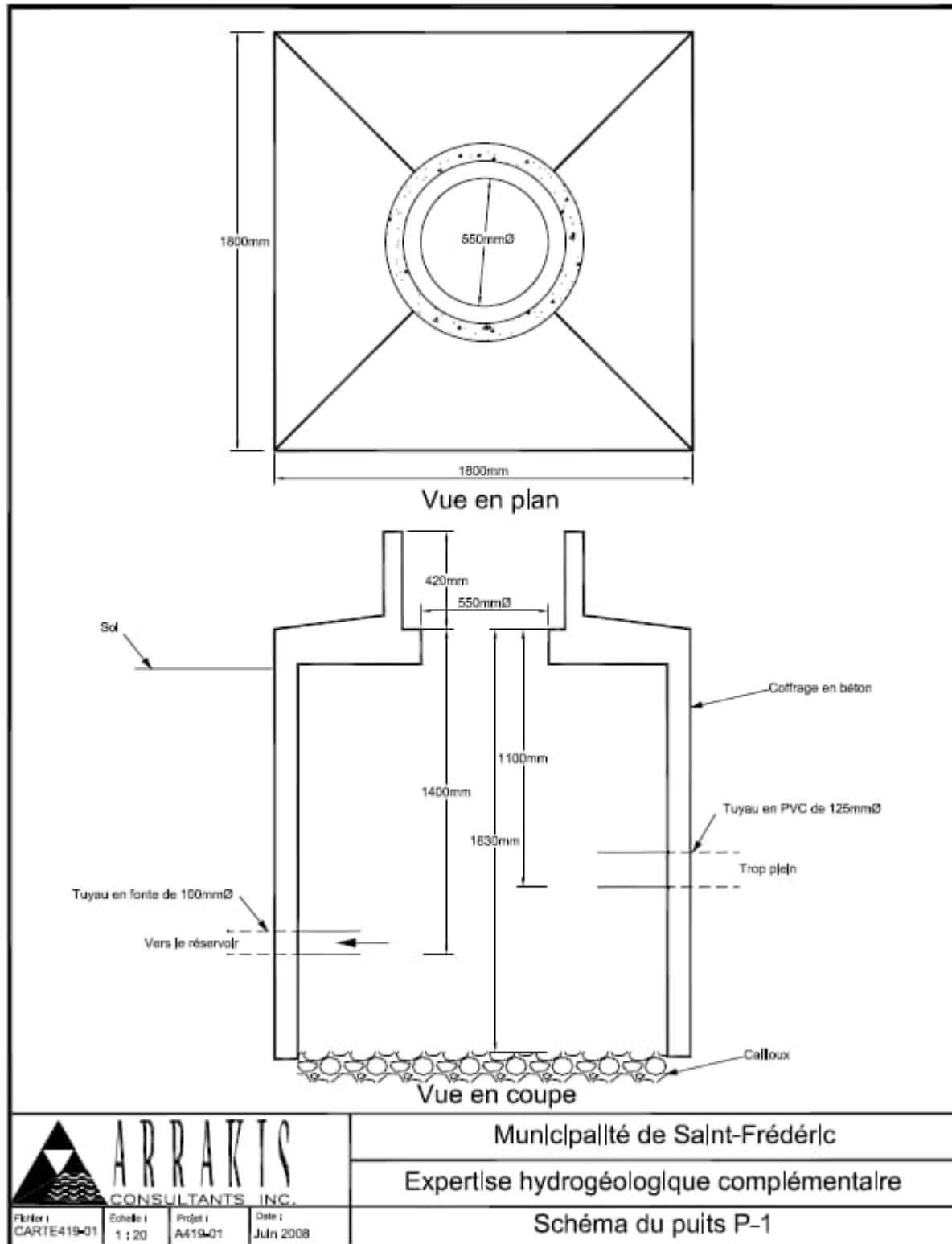


Figure 2 : Vue en coupe de la construction de l'installation de prélèvement X2002616-4 (puits P-1)

Tiré de : Arrakis Consultants Inc. Municipalité de Saint-Frédéric-de-Beauce, Expertise hydrogéologique complémentaire et Étude hydrogéologique préliminaire. Dossier A419-01, rapport A419-01A, Juillet 2008



Description de l'installation de prélèvement(P-2)

Numéro de l'installation de production d'eau	X2002616
Nom de l'installation de production de l'eau	Installation de production Saint-Frédéric
Numéro du site de prélèvement	X2002616-3
Nom du site de prélèvement approvisionnement :19091	St-Frédéric-Source 2-SBU NO
Note :	
Coordonnées géographiques (Degrés décimaux) NAD 83, Ellipsoïde GRS 1980	Lat.: 46.285775 Long.: -71.045770
Type de prélèvement	Puits de surface
Types d'usage du site	Puits permanent
Diamètre de l'ouvrage (mm)	environ 1 800
Profondeur (m)	Environ 1,85
Type d'aquifère	Granulaire
Date de construction	1965
Numéro de l'autorisation	7311-12-01-23550-03; 120010157
Date de l'autorisation	9 juillet 2001
Note : Il s'agit de l'autorisation pour l'installation d'un système de désinfection	
Débit de prélèvement autorisé (m ³ /j)	Pas retrouvé cette information

Note : Aucune valeur de débit autorisé n'est mentionnée dans l'autorisation



Photos annotées(P-2)



Vue du puits P-2 (16 septembre 2020)

Figure 3 : Photos de l'installation de prélèvement X2002616-3 (puits P-2)

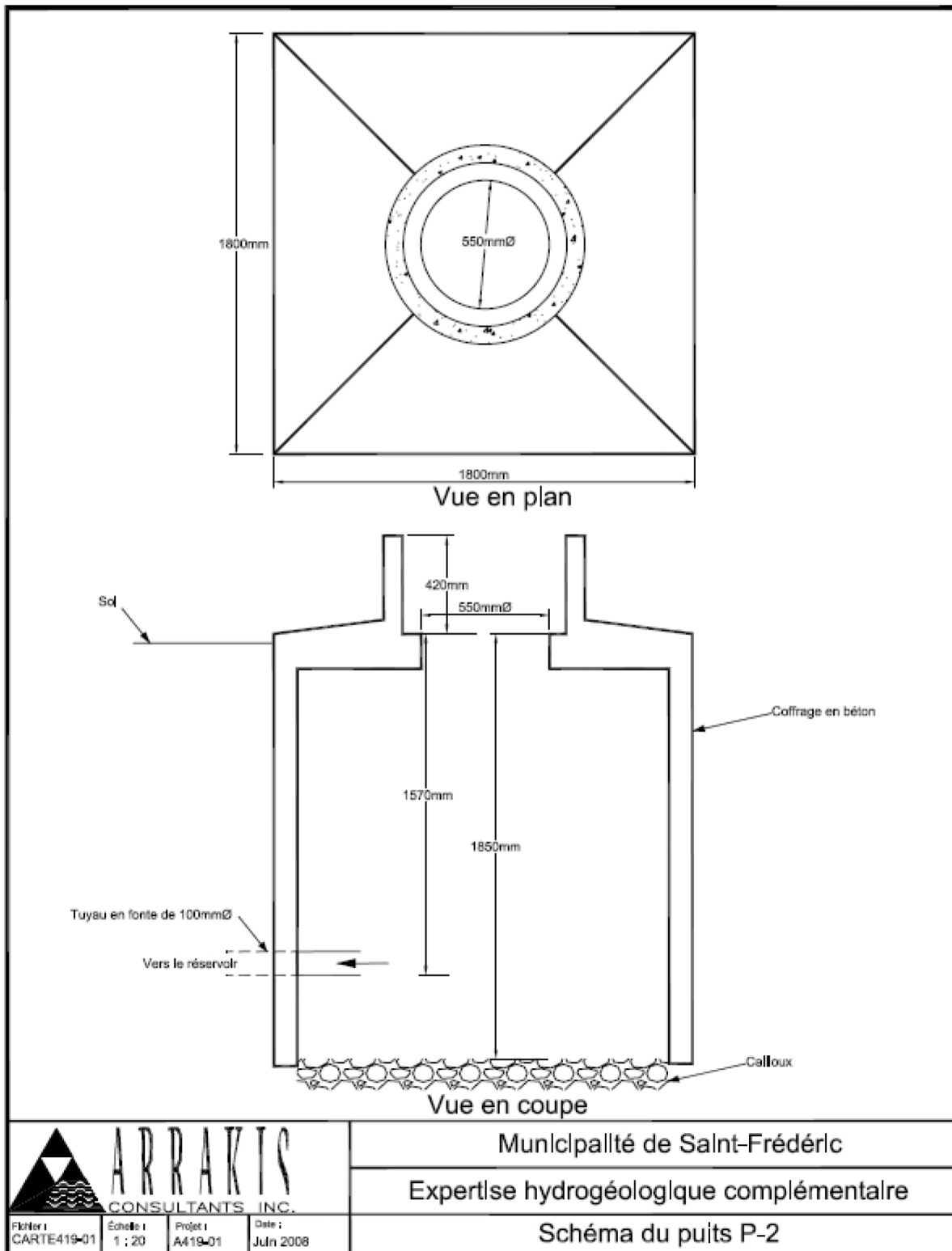


Figure 4 : Vue en coupe de la construction de l'installation de prélèvement X2002616-3 (puits P-2)

Tiré de : Arrakis Consultants Inc. Municipalité de Saint-Frédéric-de-Beauce, Expertise hydrogéologique complémentaire et Étude hydrogéologique préliminaire. Dossier A419-01, rapport A419-01A, Juillet 2008



Description de l'installation de prélèvement(P-3)

Numéro de l'installation de production d'eau	X2002616
Nom de l'installation de production de l'eau	Installation de production Saint-Frédéric
Numéro du site de prélèvement	X2002616-2
Nom du site de prélèvement approvisionnement :19083 Note :	St-Frédéric-Source 3-SBU NO
Coordonnées géographiques (Degrés décimaux) NAD 83, Ellipsoïde GRS 1980	Lat.: 46.285458 Long.: -71.046320
Type de prélèvement	Puits de surface
Types d'usage du site	Puits permanent
Diamètre de l'ouvrage (mm)	380
Profondeur (m)	Environ 0,8
Type d'aquifère	Granulaire
Date de construction	1965
Numéro de l'autorisation	7311-12-01-23550-03; 120010157
Date de l'autorisation	9 juillet 2001
Note : Il s'agit de l'autorisation pour l'installation d'un système de désinfection	
Débit de prélèvement autorisé (m ³ /j)	Pas retrouvé cette information
Note : Aucune valeur de débit autorisé n'est mentionnée dans l'autorisation	



Photos annotées(P-3)



Vue du puits P-3 (16 septembre 2020)

Figure 5 : Photos de l'installation de prélèvement X2002616-2 (Puits P-3)

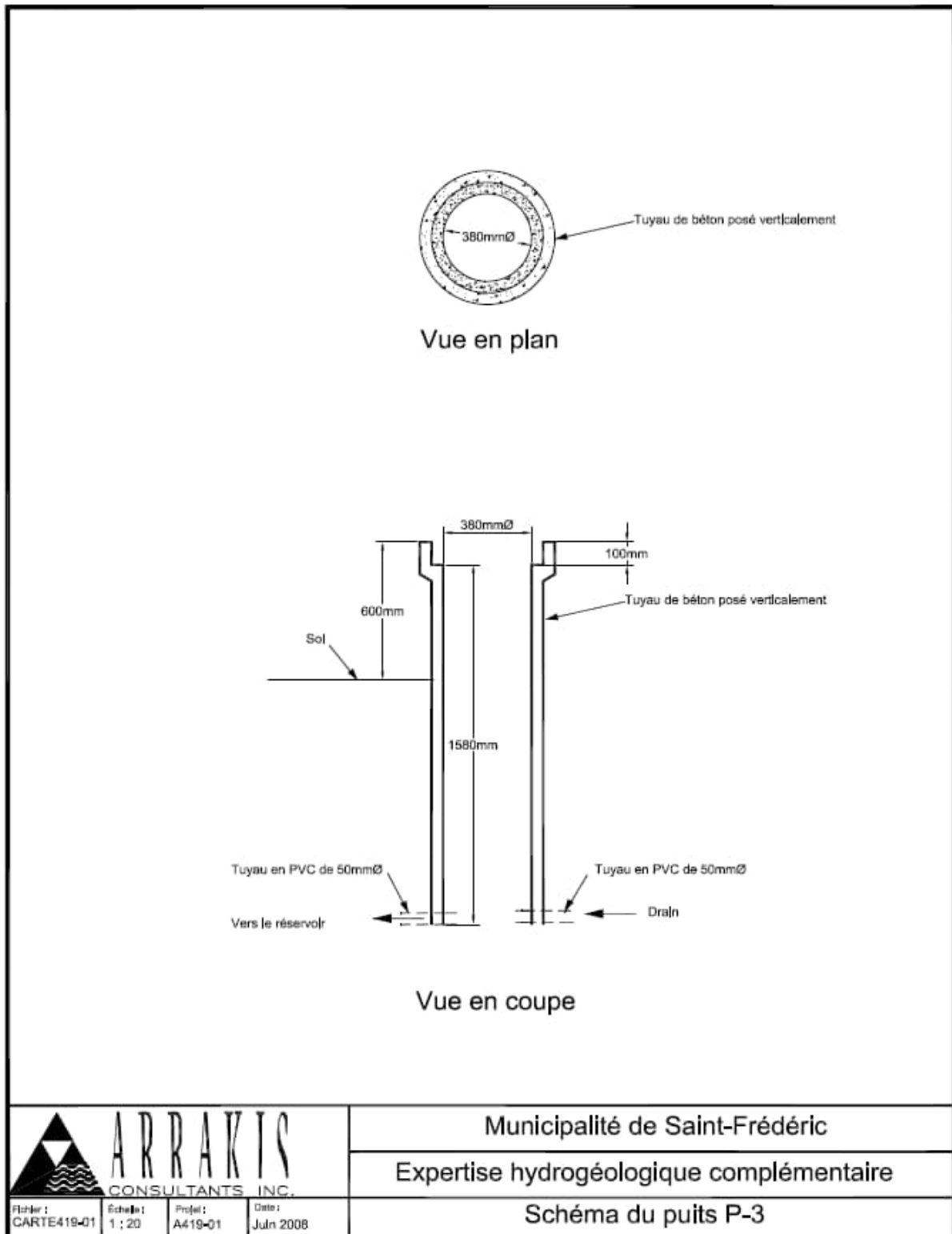


Figure 6 : Vue en coupe de la construction de l'installation de prélèvement X2002616-2 (Puits P-3)

Tiré de : Arrakis Consultants Inc. Municipalité de Saint-Frédéric-de-Beauce, Expertise hydrogéologique complémentaire et Étude hydrogéologique préliminaire. Dossier A419-01, rapport A419-01A, Juillet 2008



Description de l'installation de prélèvement(P-4)

Numéro de l'installation de production d'eau	X2002616
Nom de l'installation de production de l'eau	Installation de production Saint-Frédéric
Numéro du site de prélèvement	X2002616-1
Nom du site de prélèvement approvisionnement :19075 Note :	St-Frédéric-Source 4-SBU NO
Coordonnées géographiques (Degrés décimaux) NAD 83, Ellipsoïde GRS 1980	Lat.: 46.286190 Long.: -71.049230
Type de prélèvement	Puits de surface
Types d'usage du site	Puits permanent
Diamètre de l'ouvrage (mm)	1 220
Profondeur (m)	Environ 1,3
Type d'aquifère	Roc fracturé
Date de construction	1965
Numéro de l'autorisation	7311-12-01-23550-03; 120010157
Date de l'autorisation	9 juillet 2001
Note : Il s'agit de l'autorisation pour l'installation d'un système de désinfection	
Débit de prélèvement autorisé (m ³ /j)	Pas retrouvé cette information
Note : Aucune valeur de débit autorisé n'est mentionnée dans l'autorisation	



Photos annotées(P-4)



Vue du puits P-4 et de son périmètre clôturé (16 septembre 2020)

Figure 7 : Photos de l'installation de prélèvement X2002616-1 (Puits P-4)

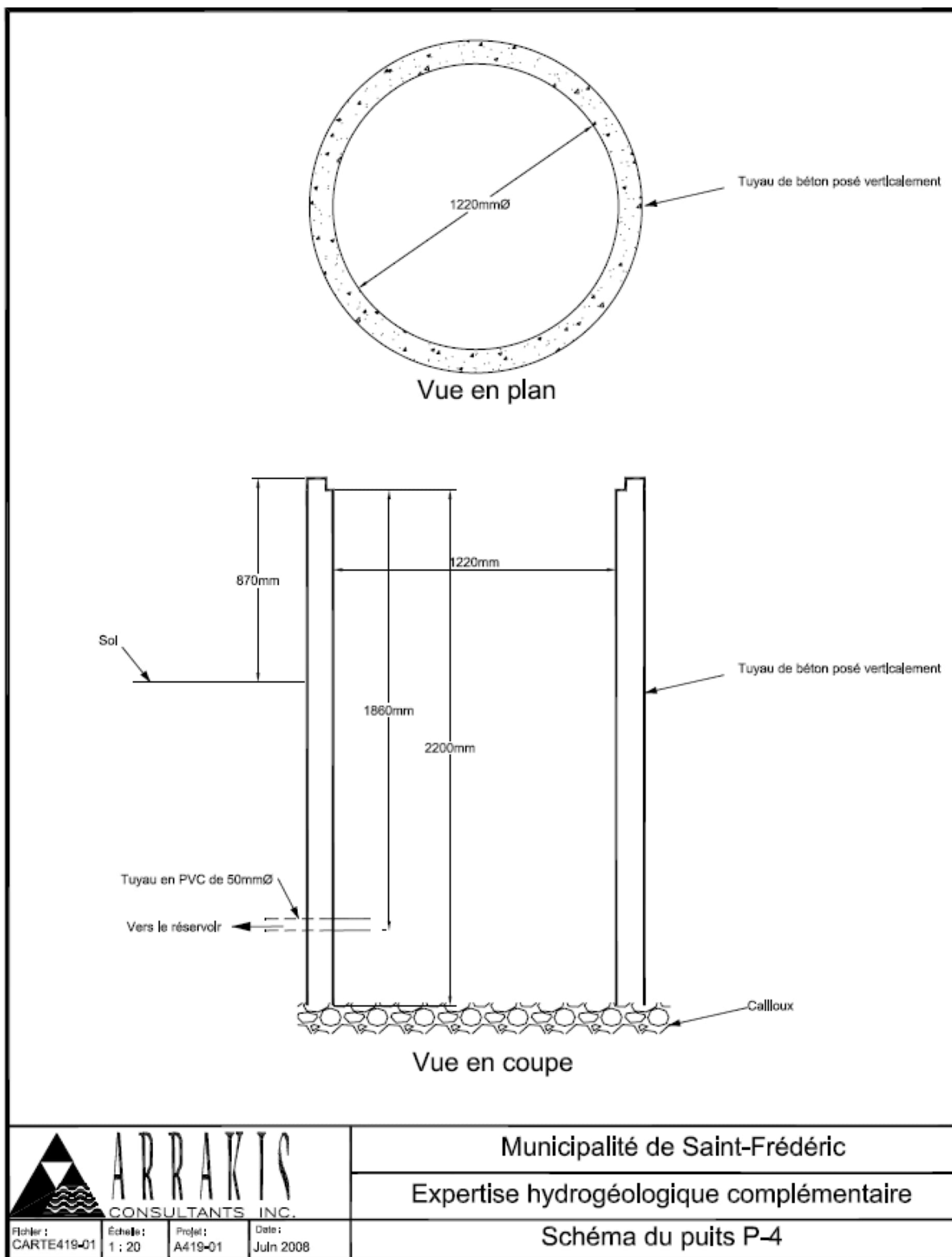


Figure 8 : Vue en coupe de la construction de l'installation de prélèvement X2002616-1 (Puits P-4)

Tiré de : Arrakis Consultants Inc. Municipalité de Saint-Frédéric-de-Beauce, Expertise hydrogéologique complémentaire et Étude hydrogéologique préliminaire. Dossier A419-01, rapport A419-01A, Juillet 2008



1.1.1 Description des infrastructures de prélèvement

Les informations relatives à l'aménagement des installations de prélèvement sont tirées de l'étude hydrogéologique réalisée en 2008¹. Le puits P-1 et le réservoir sont situés le long de la route du 2^e Rang, alors que les installations de prélèvement P-2, P-3 et P-4 sont situées à environ 1,4 km plus à l'ouest-nord-ouest du puits P-1, en bordure d'une route qui relie les routes du 2^e et 3^e Rang. L'eau des puits P-2, P-3 et P-4 est acheminée gravitairement au puits P-1 par le biais d'une conduite d'une longueur d'environ 1,3 km. À partir du puits P-1, l'eau des quatre puits est dirigée (toujours de façon gravitaire) vers le réservoir d'emmagasinement situé à environ 500 m au sud-sud-est en aval du puits P-1.

1.1.2 Installation de production d'eau potable

Les installations de production d'eau comprennent essentiellement un bâtiment technique et un réservoir situé à proximité, sur le même lot. Le bâtiment technique constitue également l'usine de traitement où l'eau est désinfectée par dosage d'hypochlorite de sodium. Le système de dosage se fait par l'intermédiaire de deux pompes doseuses proportionnellement au débit entrant dans le réservoir. La solution de chlore liquide est entreposée dans un réservoir double paroi d'un volume de 75 litres et le système est complètement géré par un automate. L'injection de chlore se fait à la sortie du bâtiment technique sur une conduite de 100 m de diamètre raccordée à une conduite de contact de 450 mm et d'une longueur de 22 m. Un analyseur de chlore résiduel libre assure la mesure en continu du chlore à la sortie du réservoir d'emmagasinement au droit du bâtiment technique. Les installations actuelles ne permettent pas d'atteindre 4 logs de virus en considérant le débit maximum mesuré pour l'année 2017 de 628,6 m³/jour, à une température minimale de 3°C. Pour contrer ceci, la Municipalité a haussé la valeur de chlore résiduel libre au point de consigne à 1,60 mg/L ce qui permet, sous les mêmes conditions, d'obtenir un CT₁₀ de près de 9,6 mg/L min soit une réduction de 4 logs de virus. Cette valeur devait être maintenue jusqu'à la réalisation des travaux de mises aux normes².

Une conduite d'alimentation en eau relie le réservoir au réseau de distribution d'eau de la municipalité. Cette conduite d'alimentation de 200 mm de diamètre en ciment-amiante a été construite en 1965 et est localisée sous l'accotement du 2^e rang et de la route 112. Le réseau de distribution est composé de près de 14 km de conduite et selon les fichiers transmis au MAMH par la municipalité en 2019, le réseau d'eau potable dessert actuellement environ 386 logements résidentiels pour un total de 939 personnes.

¹ Arrakis Consultants Inc. Municipalité de Saint-Frédéric-de-Beauce, Expertise hydrogéologique complémentaire et Étude hydrogéologique préliminaire. Dossier A419-01, rapport A419-01A, Juillet 2008.

² Pluritec. Municipalité de Saint-Frédéric, Mise aux normes des infrastructures d'eau potable. Étude d'ingénierie préliminaire Dossier 016164, Révision 02, Décembre 2019, Version corrigée Février 2020.



Tableau 1 : Liste des produits chimiques utilisés pour le traitement

Produit	Fonction
Hypochlorite de sodium	Désinfection de l'eau

Photos annotées (station de production)



Vue avant de la station de production d'eau potable (16 septembre 2020)



Vue latérale de la station de production d'eau potable et du réservoir (16 septembre 2020)

Figure 9 : Photos de l'installation de production X2002616

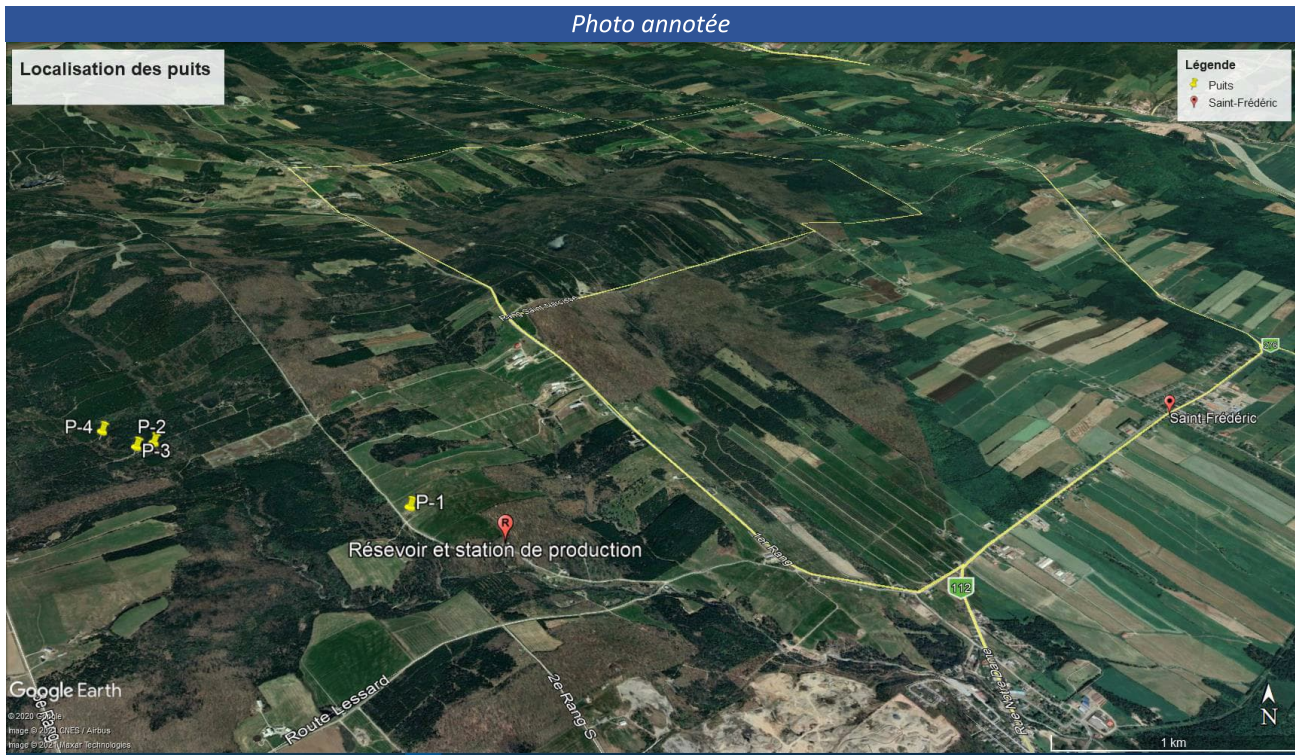


Figure 10 : Localisation des installations de prélèvement et de production de la municipalité de Saint-Frédéric



1.2 PLAN DE LOCALISATION DES AIRES DE PROTECTION DU SITE DE PRÉLÈVEMENT

Les aires de protection des installations de prélèvement de Saint-Frédéric ont été délimitées dans le cadre de travaux de mise aux normes des installations de prélèvement d'eau réalisées à l'automne 2008 et présentées dans un rapport daté de janvier 2009³. La délimitation avait alors été faite en conformité avec la réglementation de l'époque soit le Règlement sur le captage des eaux souterraines (RCES). Les aires de protection intermédiaire bactériologique et virologique avaient été délimitées à l'aide de l'équation du temps de transport (Bear et Jacob, 1965; Grubb, 1993) alors que les dimensions des aires de protection éloignée reposaient sur l'équation d'écoulement uniforme (Todd, 1980; Grubb, 1993) ainsi que sur des éléments de cartographie hydrogéologique. La méthode du bilan hydrique simple avait également été utilisée afin d'évaluer par calcul la superficie nécessaire pour obtenir le débit moyen exploité aux puits municipaux en considérant une valeur de recharge estimée par rapport au type de matériaux qui composent l'aquifère.

Dans le contexte de l'analyse de vulnérabilité, il a été jugé que la révision de la délimitation des aires de protection à l'aide d'un modèle numérique n'était pas nécessaire ni justifiée, et ce, pour les raisons suivantes :

- La nature et la quantité des travaux réalisés en 2008 sont conformes aux exigences du RPEP.
- Les données d'intrant en ce qui concerne les propriétés de l'aquifère étaient disponibles et, de surcroît, issues de nombreux travaux de terrain.
- Le prélèvement d'eau de la municipalité est fait par des puits de surface exploités de façon gravitaire, l'écoulement de l'eau souterraine exploitée par les puits est essentiellement contrôlé par la topographie du secteur situé en amont des puits.
- Les informations concernant le patron d'écoulement souterrain ont été obtenues de huit points d'observation du niveau de l'eau souterraine et actualisées à l'aide des données du PACES.

Néanmoins, une validation de la délimitation des aires de protection a toutefois été faite afin de s'assurer qu'elles reflètent adéquatement les conditions actuelles d'exploitation des puits, notamment en termes de volumes d'eau réellement prélevés, et dans le but de fermer les aires de protection éloignées.

³ Arrakis Consultants Inc. Municipalité de Saint-Frédéric-de-Beauce. Expertise hydrogéologique complémentaire, 2^e Phase, Mise aux normes des installations de captage d'eau souterraine. Dossier A419-01, Rapport A519-01B, Janvier 2009



1.2.1 Validation du débit d'exploitation - Calcul du débit moyen journalier maximum

Les données d'exploitation des installations de prélèvement et de production d'eau potable de la municipalité sont mesurées et enregistrées par un automate. Les données de volume d'eau prélevé de 2016 à 2019 ont donc été utilisées afin d'évaluer le débit journalier moyen durant les périodes de l'année où le débit moyen est maximal.

Le tableau 2 montre les données recueillies pour les années 2016 à 2019 et pour chaque année, les périodes durant lesquelles le prélèvement mensuel est maximal sont indiquées en bleu. Ces valeurs sont normalement, par la suite, multipliées par le pourcentage d'augmentation de la population de la MRC. Mais comme ce pourcentage, pour la période de 25 ans comprise entre 2016 et 2041, est de -0,2% pour la MEC Robert-Cliche, aucun facteur d'accroissement du débit prélevé a été appliqué⁴. Ainsi, la validation des dimensions des aires de protection aurait normalement été faite en utilisant une valeur de débit journalier moyen maximum d'environ 450 m³/j.

Tableau 2 : Volumes d'eau prélevés aux sites de prélèvement

Puits P1, P-2, P-3 et P-4				
Mois	Volume moyen journalier prélevé (m ³)			
	2016	2017	2018	2019
Janvier	371,9	337,4	305,0	373,6
Février	417,2	344,3	303,4	397,6
Mars	426,8	385,2	393,1	460,5
Avril	393,7	415,2	372,9	468,1
Mai	381,7	416,1	400,4	306,7
Jun	423,9	436,0	427,4	333,4
Juillet	389,3	452,9	408,3	374,7
Août	375,1	450,3	358,7	318,2
Septembre	336,0	386,5	339,2	294,2
Octobre	342,9	361,9	371,8	319,6
Novembre	360,3	-	366,9	307,3
Décembre	336,8	-	367,8	278,4
Production moyenne annuelle	379,0	398,7	368,2	336,2
Moyenne de la période où les besoins en eau sont normalement les maximaux (périodes indiquées en bleu ci-haut)				
Production moyenne maximale	396,1	446,4	398,1	342,1

⁴ Données sociodémographiques en bref, Volume 24, numéro 1, Institut de la statistique du Québec, 2019



Or, la délimitation des aires de protection faite en 2009 était basée sur un volume de prélèvement évalué alors à 669,1 m³/j, ce qui est 49% supérieur à l'évaluation faite à partir des années 2016 et 2019. Une vérification des données disponibles fait ressortir les principaux points suivants :

- Les données de production d'eau de 2016 à 2019 représentent les volumes d'eau entrant au réservoir jusqu'à la fin 2018 et les volumes sortant par la suite.
- Un suivi des volumes d'eau produits par les quatre puits a été réalisé de mai à octobre 2018 durant lequel, le volume d'eau entrant au réservoir était mesuré en plus du volume d'eau évacué à un trop plein situé au puits no 1.
- Les données du registre de production de la municipalité ne tiennent pas compte du volume évacué au trop-plein de P-1 et sous-estiment donc le volume d'eau total prélevé par les quatre puits.

Par conséquent, la validation des aires de protection des puits 1 à 4 a été faite en considérant un volume de prélèvement total de 669,1 m³/j évalué durant un suivi réalisé en 2018 qui est représentatif du volume d'eau prélevé aux quatre puits contrairement aux volumes du registre de production qui est plus représentatif de la consommation.

Afin d'évaluer le débit moyen de chaque puits, nous avons utilisé la proportion dans laquelle chaque puits contribue au débit total à partir de mesures ponctuelles faites en mai 2008⁵ à chaque puits. En rapportant les débits individuels à ce débit total, il a été possible d'évaluer la proportion dans laquelle chaque puits contribue au prélèvement total. Nous avons ensuite utilisé cette même proportion pour établir la contribution de chaque puits au débit moyen retenu de 669,1 m³/j. Nous obtenons, de cette façon, les débits proportionnels du tableau 3.

Tableau 3 : Évaluation du débit de production moyenne maximale des puits P-1 à P-4

Puits	Q _{global} ponctuel, mai 2008 = 790 (m ³ /d)		Q _{global} moyen mai à octobre 2008 = 669,1 (m ³ /d)
	Q _{individuel} mai 2008 (m ³ /d)	% de Q _{global}	Q _{individuel} moyen (m ³ /d)
P-1	305	39	260,95
P-2	333	42	281,02
P-3	66	8	53,53
P-4	86	11	73,60

⁵ Arrakis Consultants Inc. Municipalité de Saint-Frédéric-de-Beauce. Étude hydrogéologique complémentaire 2e phase, Mise aux normes des installations de captage d'eau souterraine, Dossier A0419-01, Rapport A419-01B, Janvier 2009



1.2.2 Délimitation des aires de protection

1.2.2.1 Aire de protection immédiate

Les aires de protection immédiate doivent englober un rayon de 30 m autour de chacune des installations de prélèvement et aucune activité autre que celle reliée à l'exploitation du puits ne doit y être autorisée.

Dans le cas des puits de la municipalité, les terrains sur lesquels ils sont aménagés sont déjà entièrement voués à leur exploitation. Les aires de protection immédiate de chacun des puits municipaux de Saint-Frédéric sont aussi clôturées et des affiches indiquent la présence d'ouvrages de captage municipaux.

À l'heure actuelle, seul le puits P-1 ne bénéficierait pas d'un rayon de 30 m en toutes directions, en raison de la présence de la route du 2^e rang. Néanmoins, ce puits ayant été aménagé plusieurs décennies avant l'entrée en vigueur du RPEP, et selon les dispositions de l'article 96 du RPEP :

Malgré l'article 54 du présent règlement, les limites de l'aire de protection immédiate d'un site de prélèvement d'eau souterraine de catégorie 1 ou 2 utilisé depuis l'entrée en vigueur du Règlement sur le captage des eaux souterraines (chapitre Q-2, r. 6), soit le 15 juin 2002, peuvent être fixées à moins de 30 m du site de prélèvement en raison des obstacles présents, telle la dimension du terrain, une route ou une habitation.

Ainsi, bien que moindre de 30 m en direction du rang, l'aire de protection immédiate de P-1 respecte les normes dans les autres directions.

1.2.2.2 Aires de protection intermédiaire et éloignée

La révision a été faite principalement dans le but de refléter les conditions d'exploitation des puits et de fermer les aires de protection éloignée sur la base de données récentes.

Les limites de l'aire de protection éloignée ont été tracées à l'aide de l'équation d'écoulement uniforme, des éléments de cartographie hydrogéologique et d'un bilan hydrique simple. Pour chaque puits, les dimensions proximales de l'aire (distance d'appel aval, largeur à la hauteur du puits) ont d'abord été déterminées. Par la suite, l'étendue de l'aire de protection éloignée a été délimitée sur la base du patron d'écoulement et de la topographie qui est le principal facteur qui contrôle l'écoulement de l'eau souterraine, considérant le type de prélèvement. Dans le cas des puits P-2, P-3 et P-4, une seule aire de protection éloignée a été délimitée en raison de leur proximité et du mode d'exploitation. La limite amont des aires de protection éloignée a été posée à l'aide des informations topographiques jusqu'à limite du haut topographique qui devient la limite de partage des eaux.



Dans le cas des aires de protection bactériologique et virologique, elles furent délimitées à l'aide de l'équation du temps de transport (Bear et Jacob, 1965; Grubb, 1993) qui met en relation la conductivité hydraulique, le débit journalier exploité, la porosité efficace du milieu aquifère, le gradient hydraulique et l'épaisseur de l'aquifère. Les valeurs de porosités efficaces ont été estimées à partir des observations granulométriques des forages réalisés de même que sur la base de documentation externe.

De la même façon que pour l'aire de protection éloignée, l'aire de protection intermédiaire a été tracée pour chaque puits individuellement puis celles des puits P-2 à P-4 ont été regroupées en des aires de protection bactériologique et virologique globales.

Le tableau 4 présente les paramètres utilisés et le tableau 5 présente les résultats de la révision des aires de protections des puits.



Tableau 4 : Paramètres utilisés pour la délimitation des aires de protection

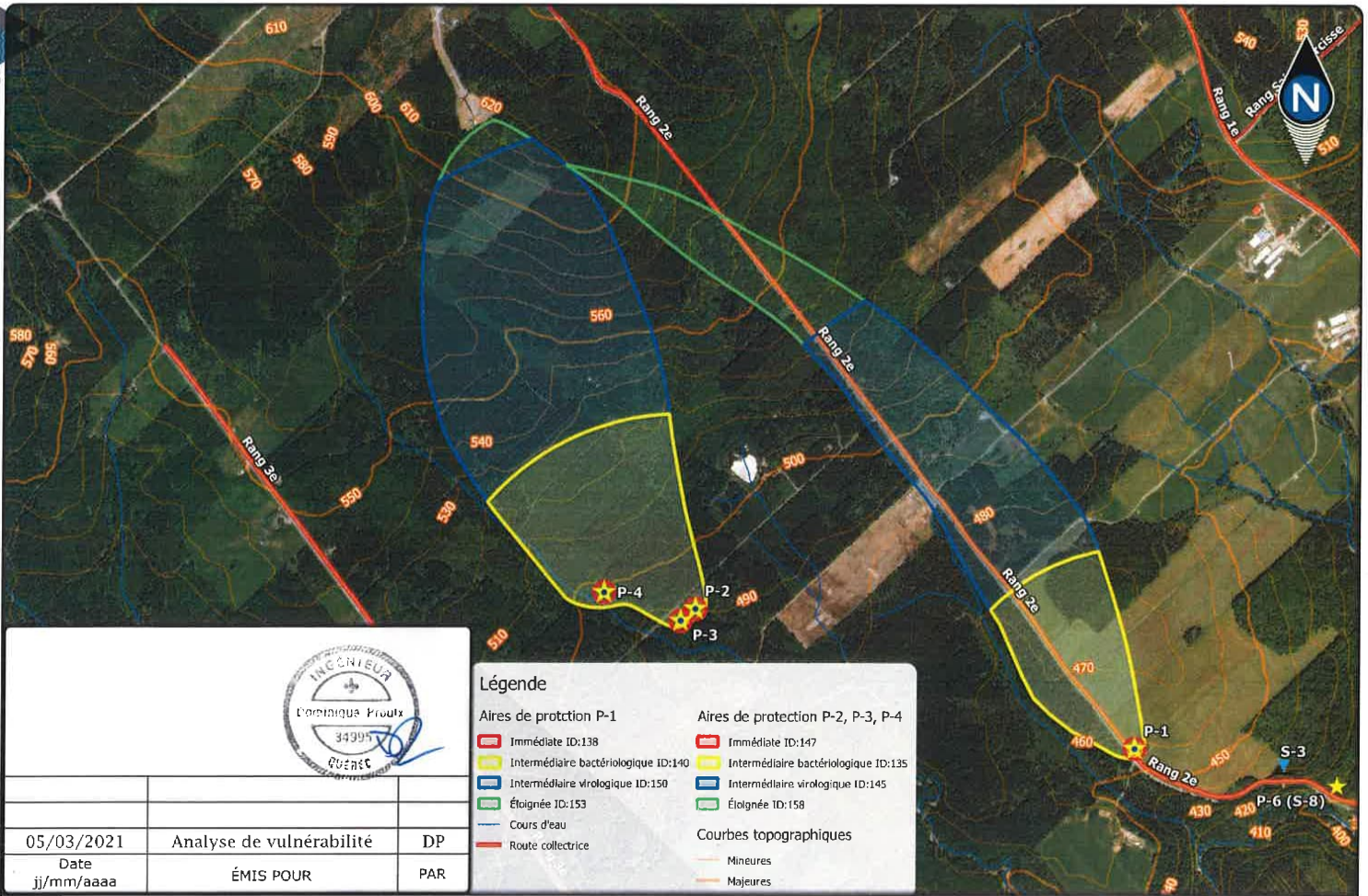
Paramètres	Valeurs	Commentaires / Justifications
Conductivité hydraulique (m/d)	P-1 : 15,8 P-2 : 15,8 P-3 : 5,0 P-4 : 5,6	Les valeurs utilisées sont obtenues d'essais de conductivité hydraulique in situ réalisés dans des puits d'observation aménagés sur le site des puits en 2008. Malgré qu'il s'agisse de valeurs mesurées qui peuvent être considérées fiables, le niveau d'incertitude de ce paramètre est jugé moyen à élevé considérant la variabilité spatiale de cette propriété hydraulique. Il peut en découler une variabilité importante dans les dimensions de l'enveloppe de l'aire de protection éloignée.
Épaisseur saturée (m)	P-1 : 4,3 P-2 : 3,3 P-3 : 3,3 P-4 : 1,8	Les épaisseurs saturées retenues correspondent à la hauteur de la colonne d'eau comprise entre le niveau statique et l'interface sol/roc telles que mesurées dans les puits d'observation aménagés sur le site des puits en 2008. L'incertitude de ce paramètre est considérée faible à moyenne considérant qu'il s'agit de valeurs mesurées.
Gradient hydraulique (sans unité)	P-1 : 0,026 P-2 : 0,031 P-3 : 0,031 P-4 : 0,030	Les valeurs de gradient hydraulique sont basées sur une carte d'écoulement de l'eau souterraine dressée à partir d'un levé de niveaux d'eau dans huit puits d'observation répartis sur le territoire. Puisque ce paramètre est basé sur des données mesurées, il est considéré comme fiable, mais son niveau d'incertitude est considéré moyen. La variabilité de ce paramètre est toutefois assez faible dans le territoire en amont du puits et le niveau d'incertitude a une influence moindre sur les dimensions de l'enveloppe de l'aire de protection éloignée.
Débit d'exploitation (m³/d)	P-1 : 260,95 P-2 : 281,02 P-3 : 53,53 P-4 : 73,60	Bien que le volume total prélevé par les quatre puits soit assez fiable, les valeurs de débit utilisées pour chaque puits sont basées sur une estimation de la proportion de leur contribution respective au volume total. Le niveau d'incertitude est jugé moyen à élevé et sa variabilité peut être assez grande étant donné qu'il s'agit de puits exploités de façon gravitaire. L'incertitude relative à ce paramètre exerce moins d'influence sur les dimensions des aires de protection intermédiaire que celles de l'aire de protection éloignée.
Porosité efficace estimée (sans unité)	P-1 : 0,15 P-2 : 0,20 P-3 : 0,10 P-4 : 0,10	Cette valeur se situe dans la plage de valeurs rapportées dans la littérature pour le type de dépôts meubles rencontrés (Freeze et Cherry, 1979) L'incertitude de ce paramètre est jugée moyenne à élevée. L'incertitude relative à ce paramètre influence les dimensions des aires de protection intermédiaire.
Recharge (mm)	160 à 250	Cette plage de valeurs est tirée des données du PACES pour le territoire situé en amont des puits. Les valeurs utilisées sont 190 mm pour le territoire en amont de P-1 et de 200 mm pour le territoire en amont de P-2 à P-4. Ces valeurs sont considérées comme plutôt fiables puisque basées sur le PACES, mais leur niveau d'incertitude est tout de même jugé moyen. L'incertitude relative à ce paramètre influence la superficie de l'aire de protection éloignée.

Tableau 5 : Dimensions des aires de protection

	P-1	P-2	P-3	P-4
AIRES INTERMÉDIAIRES				
Bactériologique (200 jours) Distance du site de prélèvement	606	574	362	433
Virologique (550 jours) Distance du site de prélèvement	1 550	1 456	920	1 053
AIRES ÉLOIGNÉES				
Superficie de l'aire de protection éloignée (m ²) basée sur le bilan hydrique	501 300	744 874		
Superficie de l'aire de protection éloignée basée sur les éléments cartographiques	575 201	774 364		
Distance d'appel amont (d _u) (m)	2 300	1 500		
Distance d'appel aval (d _a) (m)	24	27	17	39
Largeur maximale (m)	154	171	105	243

On peut constater que dans chaque cas, la délimitation de l'aire de protection éloignée basée sur les éléments cartographiques surestime la superficie par rapport à l'estimation faite par le bilan hydrique. D'une part, cette surestimation n'entraîne aucune contrainte aux usagers du territoire et, d'autre part, étant donné que l'écoulement de l'eau est essentiellement contrôlé par la topographie du secteur, la délimitation faite sur la base des éléments cartographique est susceptible de mieux représenter l'aire de protection éloignée des puits.

La représentation graphique des aires de protection ainsi établies est présentée à la figure 11 et la représentation des aires de protection dans un format géographique numérique (fichiers Shapefiles) servant à décrire et localiser les aires de protection est présentée à l'Annexe 2 sur support numérique (CD-ROM).



05/03/2021	Analyse de vulnérabilité	DP
Date jj/mm/aaaa	ÉMIS POUR	PAR

Titre: Aires d'alimentation P-1, P-2, P-3, P-4	Échelle: 1:15,000	0 0.5 1 km
Client: Municipalité Saint-Frédéric		
Projet: Analyse de vulnérabilité	Produit par: Guillaume Royer, tech.	
Figure: 11	Date: Mars 2021	No.: V0419-01
	Vérfié par: Dominique Proulx, Ing.	



Source: Données CanVec du Gouvernement Ouvert Canada. Capture d'écran Bing Maps imprimée avec la permission de Microsoft Corporation.



1.3 NIVEAUX DE VULNÉRABILITÉ DES AIRES DE PROTECTION

La quantité et la qualité des données disponibles a également permis de réviser le niveau de vulnérabilité de l'aquifère à l'intérieur de chacune des aires de protection. Cette révision a été faite à partir des données acquises lors des différents travaux de terrain ainsi que celles du PACES.

Le niveau de vulnérabilité de chaque aire de protection des installations de prélèvement est présenté aux tableaux 6 et 7, sous la forme suggérée dans le Guide de réalisation des analyses de vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable au Québec (Guide d'analyse) et est également présenté à l'annexe 1. Le détail de la détermination de l'indice de vulnérabilité DRASTIC (ID) ainsi que les données utilisées, leur source et leur justification est présenté aux tableaux 8 et 9.

Tableau 6 : Niveaux de vulnérabilité – P-1

Nom de l'aire de protection évaluée	Plage d'indices DRASTIC	Description de la répartition des indices DRASTIC obtenus	Niveau de vulnérabilité des eaux dans l'aire de protection évaluée
Immédiate	138	Un seul niveau de vulnérabilité pour l'ensemble de l'aire	Moyen
Intermédiaire	140 à 150	Le niveau de vulnérabilité de l'aire de protection intermédiaire bactériologique est de 140 et celui de l'aire de protection intermédiaire virologique est de 150	Moyen
Éloignée	153	Un seul niveau de vulnérabilité pour l'ensemble de l'aire	Moyen

Tableau 7 : Niveaux de vulnérabilité – P-2, P-3, P-4

Nom de l'aire de protection évaluée	Plage d'indices DRASTIC	Description de la répartition des indices DRASTIC obtenus	Niveau de vulnérabilité des eaux dans l'aire de protection évaluée
Immédiate	147	Un seul niveau de vulnérabilité pour l'ensemble de l'aire	Moyen
Intermédiaire	136 à 146	Le niveau de vulnérabilité de l'aire de protection intermédiaire bactériologique est de 136 et celui de l'aire de protection intermédiaire virologique est de 146	Moyen
Éloignée	158	Un seul niveau de vulnérabilité pour l'ensemble de l'aire	Moyen



Tableau 8 : Indice Drastic des différentes aires du puits P-1

Paramètres DRASTIC	Poids	Aire de protection immédiate : 30 m			Sources des données / Commentaires / Justifications
		Intervalle	cote	Nb	
Profondeur de la nappe d'eau (m)	5	0 à 1,5	10	50	Données priorisées: Mesures de niveau d'eau à deux puits d'observation sur le site de P-1
Recharge annuelle (cm)	4	18 à 25	8	32	Données priorisées: PACES, les valeurs de recharge en amont de P-1 sont de 160 à 230 mm
Type d'aquifère	3	Till	5	15	Données priorisées: Rapport de forage de deux sondages réalisés sur le site de P-1
Nature du sol	2	Loam silteux	4	8	Données priorisées: Rapport de forage de deux sondages réalisés sur le site de P-1 (silt sableux, un peu de gravier, un peu d'argile)
Pente du terrain (%)	1	0 à 2%	10	10	Données priorisées: Visite de terrain
Nature de la zone vadose	5	Sable et gravier avec silt et argile	4	20	Données priorisées: Rapport de forage de deux sondages réalisés sur le site de P-1 (silt sableux, un peu de gravier, un peu d'argile). Une cote inférieure à la cote type a été accordé sur la base des analyses granulométriques.
Conductivité hydraulique (m/j)	3	0,04 à 4	1	3	Données priorisées: Essai de conductivité hydraulique sur le site de P-1
Indice Drastic		Moyen		138	
Paramètres DRASTIC	Poids	Aire de protection intermédiaire bactériologique : ≤586 m			Sources des données / Commentaires / Justifications
		Intervalle	cote	Nb	
Profondeur de la nappe d'eau (m)	5	0 à 1,5	10	50	Données priorisées: Mesures de niveau d'eau à deux puits d'observation sur le site de P-1 et d'un puits d'observation environ 450 m en amont de P-1
Recharge annuelle (cm)	4	18 à 25	8	32	Données priorisées: PACES, les valeurs de recharge en amont de P-1 sont de 160 à 230 mm
Type d'aquifère	3	Till	5	15	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire
Nature du sol	2	Loam silteux	4	8	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire
Pente du terrain (%)	1	2 à 6%	9	9	Données priorisées: Mesure de la carte topographique, données validées avec la PACES.
Nature de la zone vadose	5	Sable et gravier avec silt et argile	4	20	Données priorisées: Rapport de forages et de tranchées réalisées sur le territoire. Une cote inférieure à la cote type a été accordé sur la base des analyses granulométriques.
Conductivité hydraulique (m/j)	3	4 à 12	2	6	Données priorisées: Essais de conductivité hydraulique réalisés dans des puits d'observation répartis sur le territoire
Indice Drastic		Moyen		140	
Paramètres DRASTIC	Poids	Aire de protection intermédiaire virologique : ≤1524 m			Sources des données / Commentaires / Justifications
		Intervalle	cote	Nb	
Profondeur de la nappe d'eau (m)	5	0 à 1,5	10	50	Données priorisées: Observations faites dans des tranchées exploratoires réalisées à environ 680 m et 1 200 m en amont de P-1
Recharge annuelle (cm)	4	18 à 25	8	32	Données priorisées: PACES, les valeurs de recharge en amont de P-1 sont de 160 à 230 mm puits aux précipitations tombées Données validées par le PACES.
Type d'aquifère	3	Till	5	15	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire
Nature du sol	2	Loam silteux	4	8	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire
Pente du terrain (%)	1	2 à 6%	9	9	Données priorisées: Mesure de la carte topographique, données validées avec la PACES.
Nature de la zone vadose	5	Sable et gravier avec silt et argile	6	30	Données priorisées: Rapport de forages et de tranchées réalisées sur le territoire et analyse granulométrique. Il y a moins d'information dans cette partie de l'aire, la cote type a été utilisée.
Conductivité hydraulique (m/j)	3	4 à 12	2	6	Données priorisées: Essais de conductivité hydraulique réalisés dans des puits d'observation répartis sur le territoire
Indice Drastic		Moyen		150	
Paramètres DRASTIC	Poids	Aire de protection éloignée			Sources des données / Commentaires / Justifications
		Intervalle	cote	Nb	
Profondeur de la nappe d'eau (m)	5	1,5 à 4,5	9	45	Données priorisées: Observations faites dans des tranchées exploratoires réalisées à 1 200 m et 2 000 m en amont de P-1
Recharge annuelle (cm)	4	18 à 25	8	32	Données priorisées: PACES, les valeurs de recharge en amont de P-1 sont de 160 à 230 mm puits aux précipitations tombées Données validées par le PACES.
Type d'aquifère	3	Till	5	15	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire
Nature du sol	2	Sol mince ou roc	10	20	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire
Pente du terrain (%)	1	6 à 12%	5	5	Données priorisées: Mesure de la carte topographique, données validées avec la PACES.
Nature de la zone vadose	5	Sable et gravier avec silt et argile	6	30	Données priorisées: Rapport de forages et de tranchées réalisées sur le territoire et analyse granulométrique. En raison de l'amincissement de la couverture de dépôts meubles, la cote type a été utilisée.
Conductivité hydraulique (m/j)	3	4 à 12	2	6	Données priorisées: Essais de conductivité hydraulique réalisés dans des puits d'observation répartis sur le territoire
Indice Drastic		Moyen		153	



Tableau 9 : Indice Drastic des aires combinées des puits P-2, P-3 et P-4

Paramètres DRASTIC	Poids	Aire de protection immédiate : 30 m			Sources des données / Commentaires / Justifications
		Intervalle	cote	Nb	
Profondeur de la nappe d'eau (m)	5	0 à 1,5	10	50	Données priorisées: Mesures de niveau d'eau effectuées dans des puits d'observation sur le site des puits P-2, P-3 et P-4
Recharge annuelle (cm)	4	18 à 25	8	32	Données priorisées: PACES, les valeurs de recharge en amont des puits varient de 190 à 250 mm
Type d'aquifère	3	Till	5	15	Données priorisées: Rapport de forage de deux sondages et deux puits d'observation réalisés sur le site des puits P-2, P-3 et P-4
Nature du sol	2	Loam silteux	4	8	Données priorisées: Rapport de forage de deux sondages et deux puits d'observation réalisés sur le site des puits P-2, P-3 et P-4 + analyses granulométriques
Pente du terrain (%)	1	0 à 2%	10	10	Données priorisées: Visite de terrain
Nature de la zone vadose	5	Sable et gravier avec silt et argile	4	20	Données priorisées: Rapport de forage de deux sondages et deux puits d'observation réalisés sur le site des puits P-2, P-3 et P-4. Une cote inférieure à la cote type a été accordé sur la base des analyses granulométriques.
Conductivité hydraulique (m/j)	3	12 à 29	4	12	Données priorisées: Essai de conductivité hydraulique sur le site des puits P-2, P-3 et P-4
Indice Drastic		Moyen		147	
Paramètres DRASTIC	Poids	Aire de protection intermédiaire bactériologique : ≤554 m			Sources des données / Commentaires / Justifications
		Intervalle	cote	Nb	
Profondeur de la nappe d'eau (m)	5	0 à 1,5	10	50	Données priorisées: Mesures de niveau d'eau effectuées dans un puits d'observation ainsi qu'à trois tranchées exploratoires en amont des puits
Recharge annuelle (cm)	4	18 à 25	8	32	Données priorisées: PACES, les valeurs de recharge en amont des puits varient de 190 à 250 mm
Type d'aquifère	3	Till	5	15	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire
Nature du sol	2	Loam silteux	4	8	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire
Pente du terrain (%)	1	6 à 12%	5	5	Données priorisées: Mesure de la carte topographique, données validées avec la Paces.
Nature de la zone vadose	5	Sable et gravier avec silt et argile	4	20	Données priorisées: Rapport de forages et de tranchées réalisées sur le territoire. Une cote inférieure à la cote type a été accordé sur la base des analyses granulométriques.
Conductivité hydraulique (m/j)	3	4 à 12	2	6	Données priorisées: Essais de conductivité hydraulique réalisés dans des puits d'observation répartis sur le territoire
Indice Drastic		Moyen		136	
Paramètres DRASTIC	Poids	Aire de protection intermédiaire virologique : ≤1464 m			Sources des données / Commentaires / Justifications
		Intervalle	cote	Nb	
Profondeur de la nappe d'eau (m)	5	0 à 1,5	10	50	Données priorisées: Mesures de niveau d'eau effectuées dans des tranchées exploratoires en amont des puits
Recharge annuelle (cm)	4	18 à 25	8	32	Données priorisées: PACES, les valeurs de recharge en amont des puits varient de 190 à 250 mm
Type d'aquifère	3	Till	5	15	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire
Nature du sol	2	Loam silteux	4	8	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire
Pente du terrain (%)	1	6 à 12%	5	5	Données priorisées: Mesure de la carte topographique, données validées avec la Paces.
Nature de la zone vadose	5	Sable et gravier avec silt et argile	6	30	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire. Il y a moins d'information dans cette partie de l'aire, la cote type a été utilisée.
Conductivité hydraulique (m/j)	3	4 à 12	2	6	Données priorisées: Essais de conductivité hydraulique réalisés dans des puits d'observation répartis sur le territoire + analyses granulométriques
Indice Drastic		Moyen		146	
Paramètres DRASTIC	Poids	Aire de protection éloignée			Sources des données / Commentaires / Justifications
		Intervalle	cote	Nb	
Profondeur de la nappe d'eau (m)	5	0 à 1,5	10	50	Données priorisées. Il y a peu de données mesurées dans l'aire éloignée. En raison de l'amincissement de la couverture de dépôts meubles, le niveau est présumé près de la surface
Recharge annuelle (cm)	4	18 à 25	8	32	Données priorisées: PACES, les valeurs de recharge en amont des puits varient de 190 à 250 mm
Type d'aquifère	3	Till	5	15	Données priorisées: Rapports de forages et de tranchées exploratoires réalisés sur le territoire
Nature du sol	2	Sol mince ou roc	10	20	Données priorisées: Rapport de tranchées réalisées sur le territoire en amont des puits qui montre l'amincissement de la couverture de dépôts meubles.
Pente du terrain (%)	1	6 à 12%	5	5	Données priorisées: Mesure de la carte topographique, données validées avec la Paces.
Nature de la zone vadose	5	Sable et gravier avec silt et argile	6	30	Données priorisées: Rapport de forages et de tranchées réalisées sur le territoire et analyse granulométrique. En raison de l'amincissement de la couverture de dépôts meubles, la cote type a été utilisée.
Conductivité hydraulique (m/j)	3	4 à 12	2	6	Données priorisées: Essais de conductivité hydraulique réalisés dans des puits d'observation répartis sur le territoire + analyses granulométriques
Indice Drastic		Moyen		158	

Le niveau de vulnérabilité des aires de protection est également présenté au tableau A4-1 de l'Annexe 3 sur support numérique (CD-ROM).