

## 2.0 RENSEIGNEMENTS À CARACTÈRE PUBLIC

### 2.1 Description du lieu de prélèvement et des installations de production:

#### 2.1.1 Description du lieu de prélèvement

##### 2.1.1.1 Type d'usage

Depuis 2014, les résidents de la portion urbaine de la municipalité de Saint-Jacques-le-Mineur, et certains qui habitent dans le milieu rural, sont alimentés en eau potable à partir d'une nappe d'eau souterraine exploitée par le biais d'un puits tubulaire construit sous la coordination de M. Christian Denis, ing. M.Sc.A. (ci-après « le soussigné ») de la firme « Experts-Conseils AquaTer- Eau inc. ». L'ouvrage de captage connu sous le nom de « P-1 » correspond au numéro d'installation de production « X2135594-1 », lequel est attribué par le MELCC en regard de son système de classification « SAGO ». L'installation de prélèvement de catégorie « 1 » est utilisée en permanence comme source d'approvisionnement destinée à desservir 867 personnes selon le registre officiel du MELCC, et ce, alors que la municipalité compte un total de 2026 habitants sur son territoire.

##### 2.1.1.2 Localisation

En référence aux figures 1 et 2 de l'annexe 2, le puits P-1 est implanté en zone verte à l'intérieur des limites territoriales de la municipalité de Saint-Jacques-le-Mineur faisant partie de la MRC de « Les Jardins-de-Napierville » (ci-après « la MRC »). L'ouvrage de captage a été foré et aménagé à  $\pm 3000$  m au sud-ouest de la zone urbaine sur une partie du lot 355 du cadastre de la Paroisse de Saint-Jacques-le-Mineur de la concession Saint-André, lequel était inclus à l'intérieur d'une partie du lot rénové portant le numéro « 2710812 » en 2014.

En référence à la figure 2 de l'annexe 2, la municipalité est propriétaire du lot rénové qui porte maintenant le numéro « 5490778 », et ce, suite à la fusion de deux segments de lots acquis dans le cadre de la réalisation du projet municipal. De forme rectangulaire, et localisée à  $\pm 600$  m au nord-est de l'intersection de l'autoroute 15 et de la montée Saint-Jacques, la propriété municipale couvre une superficie de  $\pm 12000$  m<sup>2</sup> dans un secteur où les activités agricoles sont dominantes vers le nord et le sud. En direction est, la propriété municipale est bornée par des terrains résidentiels, alors que des activités commerciales sont pratiquées sur les lots voisins en direction ouest.

Pour permettre la réalisation du projet suite à la construction du puits P-1, une première décision favorable à une utilisation autre qu'agricole de cette partie du territoire a été rendue par la « Commission de la Protection du Territoire Agricole du Québec » (ci-après « CPTAQ ») le 10 juillet 2013 (décision no.402906). En complément, la décision no.405536 publiée le 6 juin 2014 a permis de construire et d'installer les infrastructures de production et de distribution d'eau potable près de l'ouvrage P-1. Les deux décisions de la CPTAQ peuvent être consultées à l'annexe 3.

Le puits de captage P-1 est implanté dans la partie amont du bassin versant de la rivière Saint-Jacques. Les coordonnées géographiques de l'ouvrage de production constituant l'installation de prélèvement d'eau souterraine sont inscrites dans le tableau 1 ci-après ainsi que sur les deux fiches descriptives insérées à l'annexe 4.

**Tableau 1. Coordonnées géographiques du puits de captage d'eau souterraine P-1**

Puits de captage	Numéro de l'installation de prélèvement (SAGO)	Coordonnées (Degrés décimaux NAD83)	
		Latitude	Longitude
P-1	X2135594-1	48,2683166667	-73,4606166666

### 2.1.1.3 Caractéristiques et propriétés originales du puits P-1

Le puits de captage P-1 est décrit sur la base des informations techniques contenues dans le rapport hydrogéologique original produit par notre firme « Experts-Conseils AquaTer-Eau inc. (dossier ATE-11144-01, avril 2013) », lequel avait été rédigé par le soussigné. Cet ouvrage de production a été construit suite à une recherche en eau souterraine effectuée à l'intérieur du territoire municipal entre 2011 et 2012. Tel qu'illustré sur les figures 2 et 3 de l'annexe 2 ainsi que sur la planche 1 de l'annexe 5, le puits P-1 est localisé à l'intérieur de l'aire de protection immédiate dont les limites sont marquées par une clôture métallique de 1,82 m de hauteur. Le sol qui ceinture le tubage limite la convergence et l'accumulation des eaux de ruissellement autour de l'ouvrage qui se retrouve à 3,0 m au sud-ouest du poste de production d'eau potable.

En référence aux caractéristiques techniques présentées dans le tableau 2 ci-après ainsi que sur les deux fiches descriptives insérées à l'annexe 4, le puits de production P-1 est un ouvrage multitubé de type « ouvert dans le roc » qui a été aménagé au sein d'une formation aquifère rocheuse composée de calcaire gris contenant des interlits de shale. De la surface jusqu'à une profondeur de 22,56 m, un tricône de 384 mm de diamètre a été utilisé pour traverser les dépôts meubles et la portion superficielle du massif rocheux. Le mécanisme à double action de la foreuse hydraulique de marque « Foremost DR-24 » a permis d'enfoncer simultanément par rotation et percussion le tricône ainsi que le tubage en acier de 406 mm de diamètre. Le tubage en acier muni d'un sabot d'enfoncement soudé à son extrémité a solidement été ancré dans le roc à une profondeur de 17,68 m. La margelle du tubage en acier de 406 mm de diamètre extérieur excédait la surface du sol sur une hauteur de 700 mm en 2012. Il est à noter que ce tubage d'acier n'est plus visible aujourd'hui depuis le réaménagement de la tête du puits en 2014.

**Tableau 2. Caractéristiques et propriétés originales du puits P-1**

Éléments	Caractéristiques et propriétés
Année de construction	2012
Type de nappe aquifère	Nappe captive
Media de l'aquifère	Roc: calcaire gris avec interlits de shale
Type de puits	Multitubé ouvert dans le roc
Profondeur	60,96 m
Diamètre extérieur du tubage externe en acier	406 mm
Diamètre extérieur du tubage interne en acier	273 mm
Profondeur du niveau statique de l'eau souterraine par rapport au sol le 1 <sup>er</sup> octobre 2012	2,117 m
Profondeur du niveau dynamique de l'eau souterraine par rapport au sol le 4 octobre 2012 à un débit de 291 L/min (77 GUSPM)	8,626 m
Rabattement de la nappe d'eau dans le puits P-1 en octobre 2012	6,509 m
Capacité spécifique originale en septembre 2012	44,4 L/min/m (11,7 GUSPM/m)
Débit maximal d'exploitation du puits recommandé en 2013	291 L/min (77 GUSPM)

Suite à l'atteinte d'une profondeur de 22,56 m avec le tricône de 384 mm, un tubage en acier de 273 mm de diamètre muni d'un sabot d'enfoncement à son extrémité a été placé sur la surface du roc à une profondeur de 22,56 m. Un forage pilote de 152 mm de diamètre a ensuite été foncé avec un marteau fond-de-trou jusqu'à une profondeur de 60,96 m. Un autre marteau fond-de-trou de 254 mm de diamètre a finalement été utilisé pour agrandir le puits jusqu'à une profondeur de 59,74 m. De la bentonite a été introduite entre la paroi rocheuse et le tubage en acier de 273 mm pour former un bouchon étanche entre 19,74 et 22,56 m de profondeur.

Après avoir constaté qu'un faible débit d'environ 55 m<sup>3</sup>/d (38 L/min ou 10 GUSPM) sortait en bout de tubage lorsque de l'air comprimé était injecté en développement, le tubage de 273 mm de diamètre a été retiré et le bouchon de bentonite a été détruit par injection d'eau pressurisée. Avant de réintroduire le tubage en acier de 273 mm dans le puits, plusieurs ouvertures de 6,4 mm de largeur et de 457 mm de longueur chacune ont été pratiquées dans le sens longitudinal sur une longueur de 6,10 m au sein de la dernière section du tubage en acier. La perforation de la base du tubage en acier entre 16,46 et 22,56 m de profondeur vise à favoriser l'entrée libre de l'eau souterraine circulant dans la portion superficielle du massif rocheux fracturé. Le tubage en acier de 273 mm de diamètre a solidement été ancré dans le roc jusqu'à une profondeur de 22,60 m, en laissant une margelle de 961 mm qui excédait la surface du sol en 2012. Il est à noter que la margelle de ce tubage d'acier s'élève maintenant sur une hauteur de 577 mm au-dessus du remblai granulaire depuis le réaménagement de la tête du puits en 2014.

Pour permettre la circulation et l'emmagasinement de l'eau souterraine autour du puits, un massif filtrant constitué de pierre nette arrondie a été placé de 1,37 à 22,56 m de profondeur. La pierre nette de granite de 19 mm de diamètre a été introduite entre le tubage en acier de 273 mm et la paroi rocheuse ainsi qu'entre les deux tubages de 273 et 406 mm de diamètre. Une plaque de métal en forme d'assiette circulaire perforée en son centre avait été soudée sur le dessus du tubage de 406 mm de manière à obstruer l'espace annulaire entre les deux tubages. Il est à noter que cette plaque n'est plus visible depuis le réaménagement de la tête du puits en 2014. Enfin, un couvercle métallique cadénassé avait été placé sur le dessus du tubage en acier de 273 mm de diamètre. Ce couvercle a été enlevé pour être remplacé par un tubage et un couvercle manufacturés par la compagnie « Danovar » lors des travaux de raccordement du puits en 2014, tel que présenté sur la planche 1 de l'annexe 5.

D'un point de vue stratigraphique, le forage qui a conduit à la construction du puits P-1 a intercepté la séquence suivante:

- 0,00 - 0,61 m: remblai de pierre nette 100-200 mm
- 0,61 - 1,82 m: argile silteuse brun-grisâtre, traces de sable
- 1,82 - 16,61 m: till silto-argileux gris (sable fin silteux gris, un peu d'argile, traces de cailloux et gravier)
- 16,61 - 60,96 m: calcaire gris avec interlits de shale

Des zones de fractures conductrices d'eau souterraine ont été interceptées respectivement entre 20,11 et 21,64 m, 28,34 et 28,65 m, 33,52 et 34,14 m, 39,32 et 39,62 m puis de 45,72 à 46,94 m. Au terme du forage, un débit de 489 m<sup>3</sup>/d (340 L/min ou 90 GUSPM) a été évalué par injection d'air comprimé. Une nappe de type captif circule au sein des zones de fractures traversant le roc. Sous l'effet de la pression hydraulique ascendante, le niveau statique de la nappe s'élevait naturellement pour se retrouver à une profondeur de 2,117 m sous la surface du sol le 1<sup>er</sup> octobre 2012.

Au terme des travaux de forage et de construction, le puits a été développé en injectant de l'air comprimé sur toute sa longueur. En cours de développement, l'eau montrait une teinte grisâtre en raison de la présence de particules fines en suspension. Après le développement, une solution chlorée a été déversée dans l'ouvrage en guise de désinfection. Tel que construit, le puits P-1 peut être utilisé comme un ouvrage de production permanent.



#### 2.1.1.4 Réaménagement et raccordement du puits P-1

En référence aux documents techniques produits par la firme d'ingénieurs-conseils « BPR » en août 2013, le puits de captage P-1 a été raccordé au réseau d'aqueduc après avoir installé les équipements décrits ci-après, lesquels sont illustrés sur la seconde fiche descriptive insérée à l'annexe 4. Tel que présenté sur la planche 2 de l'annexe 5, une pompe submersible de marque « Franklin » et de modèle « 100SR-7F66-0563 » est utilisée pour extraire de l'eau souterraine de l'ouvrage P-1. La base du moteur triphasé à vitesse variable de marque « Franklin-575V-7,5HP- 60 Hz » se retrouve à une profondeur de 56,63 m par rapport à la surface actuelle du sol. La pompe submersible munie d'un clapet anti-retour est caractérisée par une longueur de 1092 mm et un diamètre de 152 mm. Une jupe de refroidissement en acier inoxydable ceinture la pompe submersible afin d'assurer une circulation d'eau froide le long du moteur avant son introduction dans l'aspiration.

La pompe est branchée à un fil électrique no.14AWG/4 spécialement adapté et conçu pour être submergé dans l'eau. Le fil électrique submersible aboutit dans l'une des deux boîtes de jonction en métal fixées sur la face externe du tubage « Danovar » (planche 1, annexe 5). Un câble de soutien en acier inoxydable 316 possédant un diamètre de 6 mm et une longueur de  $\pm 60$  m relie la pompe submersible à un dispositif d'attache spécialement soudé à l'intérieur du tubage « Danovar ».

Un premier adaptateur en acier inoxydable 304 possédant des diamètres de 76/50 mm qui est fixée sur la tête de la pompe submersible permet une transition vers la colonne de pompage, laquelle est constituée d'une série de tuyaux en acier inoxydable 304 caractérisés par un diamètre de 50 mm, tel que présenté sur la planche 3 de l'annexe 5. Les différentes sections de la colonne de pompage sont jointes par le biais de brides fixées les unes aux autres avec des boulons en acier inoxydable, de manière à former un ensemble possédant une longueur totale de 54,37 m. Quelques disques en caoutchouc sont disposés à différents endroits autour des tuyaux dans le but de centrer adéquatement la colonne de pompage à l'intérieur du puits.

Un second adaptateur en acier inoxydable 304 possédant des diamètres de 50/76 mm est fixé à l'extrémité supérieure de la colonne de pompage. En référence à la planche 4 de l'annexe 5, cet adaptateur permet d'unir la colonne de pompage à la partie mâle du coulisseau en laiton de marque « MAASS-J3 » et de type « Clear Way ». Une barre de tire en acier galvanisé possédant un diamètre de 76 mm et une longueur de 2,71 m est vissée sur la tête de la partie mâle du coulisseau. Un anneau soudé sur le dessus de la barre de tire permet d'insérer un crochet ou un câble afin de faciliter les manoeuvres de retrait ou d'insertion de la colonne de pompage.

En référence à la planche 5 de l'annexe 5, une sonde hydrostatique permanente en acier inoxydable 316L de marque « Endress + Hauser » et de modèle « Waterpilot FMX21, 4-20 mA » est placée à une distance verticale de  $\pm 1,0$  m au-dessus de l'aspiration de la pompe submersible. La sonde est introduite à l'intérieur d'une tubulure en polyéthylène haute densité de type « HDPE-DR11 » possédant un diamètre de 38 mm dans le but de protéger et de pouvoir retirer facilement ladite sonde au besoin. La sonde hydrostatique qui possède un diamètre de 22 mm et une longueur de 228,6 mm permet de mesurer la hauteur d'eau sur une gamme allant de 0 à 100 m. Le fil de la sonde ressort sur le côté de la paroi métallique du tubage « Danovar » pour aboutir dans l'une des deux boîtes de jonction en métal (planche 1, annexe 5).

En mars 2021, le puits P-1 a été nettoyé et réhabilité en raison d'une diminution importante de sa performance, laquelle a entraîné une série de pénuries majeures d'eau potable qui se sont succédées à partir de la saison estivale de 2018. Les travaux de nettoyage et de réhabilitation ont été réalisés en raison du colmatage sévère des zones de fractures et des ouvertures existantes dans la portion basale du tubage en acier. Le colmatage était causé par l'accumulation de diverses matières solides liées à l'excès de fer et de manganèse dans l'eau souterraine ainsi que par l'agglomération de substances fibreuses et gélatineuses associées à des colonies de bactéries ferrugineuses et de manganobactéries. Par conséquent, le rendement de l'ouvrage s'était abaissé de plus de 65% depuis le début de son exploitation en 2014. Plus de détails concernant la méthodologie et les résultats des travaux de nettoyage et de réhabilitation sont présentés dans le rapport hydrogéologique rédigé par le soussigné (Experts-Conseils AquaTer-Eau inc., dossier no. ATE-20338-01, mars 2021).

#### 2.1.1.5 Débit de prélèvement autorisé

En référence à la première autorisation ministérielle no.7318-16-01-6804001-401094764 qui est insérée à l'annexe 6, un volume maximum de 420 m<sup>3</sup> peut être extrait de la formation aquifère rocheuse par le puits de captage P-1 sur une base journalière. Cette autorisation, laquelle a été émise le 8 janvier 2014 en vertu des dispositions de l'article 31 du Règlement sur le captage des eaux souterraine (ci-après « RCES ») du MELCC (2002), constitue la seule délivrée pour cette installation de prélèvement depuis sa mise en opération.

Une seconde autorisation ministérielle insérée à l'annexe 6 portant le numéro 7314-16-01-6804002-401102811, laquelle a été produite le 24 janvier 2014 en vertu des dispositions de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'Environnement (ci-après « LQE »), porte sur l'installation des équipements de distribution et la construction du poste de production d'eau potable.

Le 30 avril 2015, une troisième autorisation ministérielle no.7318-16-01-6804002-401245934 a été émise en vertu des dispositions de l'article 31.75 de la LQE relativement à l'exploitation et au raccordement du puits de production dénommé « P-2 ». Il est à noter que cet ouvrage qui correspond au piézomètre « JM-3 » sur les figures 2 et 3 de l'annexe 2 n'a jamais été connecté au réseau d'aqueduc. Pour cette raison, cet ouvrage n'est pas décrit ni considéré dans le cadre de la production du présent rapport.

À propos du puits dénommé « P-2 », le MELCC a autorisé l'utilisation d'un piézomètre qui n'a jamais été conçu ni construit pour être exploité comme un ouvrage de production permanent; ce qui constitue un fait atypique et inusité face à toutes les règles qui doivent être appliquées et respectées en matière de construction et d'exploitation d'un puits de captage destiné à alimenter plus de 20 personnes au Québec. Rappelons que l'essai de pompage de longue durée a été effectué au site du piézomètre JM-3 (P-2) sous la supervision de la compagnie « Les Consultants SM inc. », et ce, alors que le niveau de la nappe présentait une condition similaire à celle observée durant une période de crue saisonnière; ce qui est contraire aux règles de l'art. Par conséquent, l'interprétation de l'essai de pompage a mené à surestimer le débit qui peut être soutiré en permanence de l'aquifère rocheux sous une condition d'interférence hydraulique importante avec l'ouvrage P-1. Plus de détails concernant les conditions dans lesquelles l'essai de pompage a été exécuté au site du piézomètre JM-3 ainsi que les interprétations dudit essai sont présentés dans le rapport technique produit par la compagnie « Les Consultants SM inc. » en novembre 2013.

### 2.1.2 Description de l'installation de production

À l'égard de la nouvelle programmation du système d'exploitation effectuée en avril 2021, le puits P-1 fonctionne maintenant de façon « normale » suivant des cycles « arrêt/départ » selon la demande en eau. Il est à noter que depuis le début de son exploitation en 2014, cet ouvrage était sollicité en continu à l'égard de l'ancienne programmation. Le fonctionnement interrompu du puits qui prévalait avant la reprogrammation du système d'exploitation a contribué à accélérer le processus de colmatage de l'ouvrage P-1, et ce, puisque la recharge normale de l'aquifère n'était pas possible dans le secteur du lieu de prélèvement. Le maintien d'un niveau dynamique de plus en plus bas a favorisé l'entraînement de particules fines qui sont venues colmater graduellement le massif filtrant ainsi que les ouvertures permettant la pénétration de l'eau dans le puits.

L'abaissement volontaire et le maintien programmé d'un niveau dynamique sous le seuil critique d'alarme de bas niveau a aussi contribué à désaturer la zone aquifère en tout ou en partie. Cet état indésirable a permis l'introduction d'un flux important d'oxygène dans la zone désaturée, et conséquemment la création de conditions favorables à la formation de précipités ferreux et de biofilms. L'excès de fer, de manganèse et d'oxygène a favorisé la croissance des colonies de bactéries ferrugineuses et de manganobactéries qui sont venues salir et colmater toutes les composantes de l'ouvrage de captage d'eau souterraine y compris les équipements de pompage. Le colmatage du puits a entraîné une baisse importante de sa performance. À partir de 2018, de sévères pénuries d'eau potable survenaient lors des périodes d'étiage saisonnier, et de l'eau en vrac devait être achetée pour remplir en urgence les réservoirs d'emmagasinement. Les travaux de nettoyage et de réhabilitation effectués en mars 2021 ont permis d'augmenter le rendement de l'ouvrage P-1 de façon à ce qu'il puisse être sollicité à un débit maximal de 403 m<sup>3</sup>/d (280 L/min ou 74 GUSPM).

En considération des données cumulées entre 2018 et 2020, le volume moyen journalier prélevé à la source varie entre 175 et 224 m<sup>3</sup>. Il est à noter qu'il n'est pas possible d'analyser les données sur une période de cinq années consécutives, et ce tel qu'exigé dans le guide du MELCC (2016), puisque celles enregistrées avant 2018 semblent ne pas avoir été conservées dans les archives municipales, ou ont simplement été mal classées.

Sur la base des informations techniques présentées sur les plans de construction produits par la firme « BPR » en juin 2013, l'eau souterraine captée par le puits P-1 chemine vers le poste de production localisé à 3,0 m au nord-est de l'ouvrage (figures 2 et 3, annexe 2). En sortant de la colonne de pompage, l'eau circule d'abord à l'intérieur d'un tuyau de transition en acier cédule 80 qui est vissé sur le manchon du boîtier du coulisseau. Par la suite, l'eau pénètre dans le poste de production via une conduite en polyéthylène haute densité (HDPE) possédant un diamètre de 76 mm. Un manchon assure la transition de la conduite HDPE de 76 mm de diamètre vers une conduite en PVC cédule 80 de 50 mm de diamètre.

À l'entrée du poste de production, une solution aqueuse de pyrophosphate de potassium connue sous le nom commercial de « Env Pyro 50 » est injectée dans la conduite par le biais d'une pompe doseuse dans le but de séquestrer et de disperser le fer et le manganèse dans le réseau d'aqueduc. En référence à la planche 6 de l'annexe 5, la solution aqueuse est emmagasinée à l'intérieur d'un contenant en plastique caractérisé par un volume de 60 litres. La solution de pyrophosphate de potassium est également entreposée dans deux autres contenants en plastique d'une capacité de 20 litres chacun pour constituer une réserve. Les trois contenants reposent à l'intérieur d'un bac de rétention capable de retenir tout le volume stocké advenant une fuite. Un total de ±10 litres de pyrophosphate de potassium est consommé en moyenne sur une base hebdomadaire.

En poursuivant son cheminement dans la conduite en PVC cédule 80, l'eau subit ensuite une première désinfection préventive avec du chlore liquide 12%. Le chlore emmagasiné au sein de deux réservoirs d'une capacité de 60 litres chacun est injecté au moyen de deux pompes doseuses qui fonctionnent en alternance. Tel que présenté sur la planche 7 de l'annexe 5, les deux réservoirs de chlore reposent chacun à l'intérieur d'un bac de rétention individuel, lesquels sont capables d'emmagasiner tout le chlore déversé advenant une fuite. Une dizaine de contenants en plastique d'une capacité individuelle de 20 litres sont également entreposés sur une structure spécialement conçue à cette fin (planche 6, annexe 5). Un total de l'ordre de 40 litres de chlore 12% est consommé en moyenne sur une base hebdomadaire au poste de production.

Après sa chloration, l'eau ressort du poste de production via une conduite en PVC de type « DR-18 » possédant un diamètre de 100 mm. Cette conduite vient se raccorder à une autre conduite en PVC de type « DR-18 » possédant un diamètre de 400 mm et une longueur de 85,2 m. La disposition en serpentins de la portion amont de la conduite de 400 mm entre le poste de production et la montée Saint-Jacques permet d'assurer le temps de contact nécessaire de l'eau avec le chlore. La conduite dédiée au temps de contact est ensuite branchée à la conduite d'aqueduc en PVC de type « DR-18 » qui possède un diamètre de 200 mm. L'eau conditionnée est distribuée à des usagers de la portion rurale durant son parcours jusqu'à l'atteinte de la zone urbaine.



En référence à la planche 8 de l'annexe 5, une génératrice d'urgence de marque « Kohler » possédant une puissance de 100 kW assure automatiquement l'alimentation électrique de la pompe submersible et des équipements de production d'eau potable en cas de panne sur le réseau d'Hydro-Québec. La génératrice est fixée sur une dalle de béton de ciment adjacente au poste de production. L'eau qui s'égoutte occasionnellement des diverses composantes aériennes se dirige vers les drains encastrés dans le plancher de terrazzo, lequel n'est pas traversé par des fissures apparentes. La faible quantité d'eau ainsi récupérée aboutit ultimement dans le fossé qui draine les eaux de surface dans la portion nord du périmètre clôturé.

En entrant dans le poste de surpression érigé dans la zone urbaine à l'angle des rues Principale et Saint-Marc (figure 1, annexe 2) via une conduite en PVC de type « DR-18 » de 150 mm de diamètre, l'eau peut subir une seconde désinfection préventive avec du chlore liquide 12% , et ce, seulement si le taux de chlore doit être réajusté. Le chlore emmagasiné au sein de deux réservoirs d'une capacité de 60 litres chacun est injecté au moyen de deux pompes doseuses qui fonctionnent en alternance. Les deux réservoirs de chlore reposent chacun à l'intérieur d'un bac de rétention capable d'emmagasiner tout le chlore déversé advenant une fuite. Il est à noter que l'unité d'injection de chlore du poste de surpression est peu sollicitée depuis la nouvelle reprogrammation et les ajustements apportés au système d'exploitation à partir du mois de février 2021.

L'eau désinfectée chemine ensuite vers deux réservoirs enfouis près du poste de suppression. Les réservoirs préfabriqués de forme cylindrique possèdent chacun une capacité d'emmagasinement de  $150 \text{ m}^3$  (150000 L ou 39625 GUS). L'eau conditionnée destinée à la consommation humaine est finalement pompée dans le réseau d'aqueduc possédant un diamètre de 150 mm au moyen de trois pompes distributrices, lesquelles sont en mesure d'extraire chacune un débit de  $492 \text{ m}^3/\text{d}$  (342 L/min ou 90 GUSPM). Une autre pompe d'une capacité d'extraction de  $2400 \text{ m}^3/\text{d}$  (3456 L/min ou 913 GUSPM) est utilisée en cas d'incendie.

L'entretien et la gestion de l'ensemble du système d'exploitation sont assurés par la compagnie « SIMO-Aquatech Management inc. » qui veille au bon fonctionnement des équipements et des infrastructures de production et de distribution de l'eau potable via un contrat de services avec la municipalité de Saint-Jacques-le-Mineur. La fourniture et le dosage de la solution aqueuse de pyrophosphate de potassium sont assurés par l'entreprise « Environor Canada » qui apporte également un soutien technique sur une base sporadique au gestionnaire des équipements de production hydrique. Il est à noter que le dosage de la solution aqueuse de pyrophosphate de potassium est effectué sur une base régulière en fonction des résultats analytiques de certains paramètres indicateurs comme le fer et le manganèse.

## 2.2 Aires de protection et niveau de vulnérabilité à la contamination:

### 2.2.1 Configuration des aires de protection

#### 2.2.1.1 Révision ou validation des aires de protection

Dans le cadre de ce mandat, seule une validation des calculs antérieurs est effectuée en relation avec la redéfinition de certains éléments cartographiques ayant une incidence sur l'extension de l'aire d'alimentation de chacun des puits. Le soussigné considère que la révision complète de la configuration des aires de protection à partir d'autres méthodes que celles utilisées lors de l'émission du rapport hydrogéologique en 2013 n'est pas justifiée aujourd'hui, et ce, en raison des éléments argumentaires énumérés ci-après:

- 1- l'occupation du territoire au sein et en bordure des aires de protection recensée antérieurement n'a pas évolué de manière significative depuis 2013;
- 2- les affectations du territoire au sein et en bordure des aires de protection définies antérieurement n'ont pas été modifiées depuis 2013, sauf en ce qui concerne l'espace occupé par la propriété municipale à la hauteur du puits de captage P-1;
- 3- les activités anthropiques inventoriées antérieurement sont à toute fin pratique les mêmes depuis 2013;
- 4- les solutions analytiques qui ont été appliquées pour définir la configuration des aires de protection intermédiaire et éloignée en 2013 peuvent de nouveau être utilisées puisque le milieu rocheux fracturé a un comportement hydraulique assimilable à un milieu poreux, et ce, tel que démontré à l'intérieur du rapport hydrogéologique antérieur à partir de l'analyse des critères élaborés par Bradbury & al. (1991): l'emploi d'autres méthodes comme la modélisation n'est pas justifié;

- 5- la configuration des aires de protection définie en 2013 permet aux autorités municipales de gérer adéquatement le développement du territoire et les activités anthropiques en fonction de la protection et de la disponibilité de la ressource, et ce, en regard du faible niveau de vulnérabilité à la contamination de la nappe aquifère de type « captif » évalué antérieurement;
- 6- aucun évènement de contamination induite de l'eau brute par les activités anthropiques environnantes n'est survenu depuis la mise en opération du puits de production en 2014;
- 7- depuis avril 2021, le mode d'exploitation de la nappe aquifère est fixé de manière à ne pas dépasser le débit maximum recommandé pour remplir les réservoirs selon plusieurs cycles journaliers « arrêt/départ » de la pompe submersible;
- 8- sur la base des données cumulées entre 2018 et 2020, le volume moyen prélevé à la source varie entre 175 et 224 m<sup>3</sup> sur une base journalière.

### 2.2.1.2 Principes et application

Les aires de protection sont associées à la surface de terrain autour d'un ouvrage de captage ou d'une batterie de puits à travers laquelle des contaminants sont susceptibles de migrer en direction du lieu de prélèvement. Les aires de protection à établir autour d'une installation de captage d'eau souterraine qui se retrouve à l'intérieur d'un prélèvement de catégorie 1 sont décrites ci-après dans le tableau 3.

**Tableau 3. Aires à protéger par rapport au critère sélectionné pour un lieu de prélèvement d'eau souterraine de catégorie 1**

Protection	Critère	Aires à protéger
Immédiate	Protection du puits et ses équipements connexes	Rayon fixe de 30 m ou moins selon les conditions hydrogéologiques locales, la configuration du terrain, la présence d'infrastructures ou la nature des activités humaines
Intermédiaire	Contaminants bactériologiques et virologiques	Bactéries: temps de migration de 200 jours dans l'aire d'alimentation Virus: temps de migration de 550 jours dans l'aire d'alimentation
Éloignée	Contaminants mobiles et persistants	Aire d'alimentation du lieu de prélèvement

### 2.2.1.3 Aire de protection immédiate

L'aire de protection immédiate vise à protéger le puits et ses installations connexes alors qu'aucune activité autre que le pompage n'est tolérée à l'intérieur de ce périmètre. Toute activité qui présente un risque de contamination de l'eau est interdite dans cette aire, sauf celles relatives à l'opération, à l'entretien, à la réparation ou au remplacement de l'installation de captage ou des équipements accessoires. La finition de la surface du sol au sein de l'aire de protection immédiate doit empêcher la présence d'eau stagnante et prévenir le ruissellement d'eau en direction de l'ouvrage de captage.

En référence aux figures 2, 3 et 4 de l'annexe 2, une aire de protection immédiate ceinture le puits P-1 selon une distance égale ou supérieure à 30 m autour de l'installation de captage. Cette aire de protection a été établie en fonction des conditions de terrain et en vertu des dispositions réglementaires de l'article 31 du RCES (MELC, 2002), lesquelles étaient alors en vigueur dans le cadre du processus d'obtention de l'autorisation ministérielle en 2014 (annexe 6).

L'aire de protection immédiate qui couvre une superficie de  $\pm 7500 \text{ m}^2$  (100 m x 75 m) est délimitée physiquement par une clôture métallique possédant une hauteur de 1,82 m. Sur la base d'une inspection visuelle, la clôture présente un bon état en général. Les employés municipaux procèdent normalement à l'entretien occasionnel du pourtour intérieur de l'aire de protection immédiate par la coupe mécanique de la végétation sur une largeur de  $\pm 4,0$  m. La tonte mécanique du gazon au sein de l'aire immédiate est également assurée par le service des travaux publics municipaux.

En référence à la planche 9 de l'annexe 4, une affiche mentionnant « Propriété Privée - Défense de Passer » est apposée sur une section de la clôture située près du seul accès constitué de deux portes battantes métalliques cadenassées. Aucune affiche indiquant la présence d'une source d'approvisionnement en eau potable n'est placardée sur la clôture qui ceinture l'aire de protection immédiate. La porte du poste de production est également fermée à clef lorsque les responsables municipaux ou les gestionnaires du réseau ne sont pas sur les lieux. La finition de la surface du sol a été façonnée de manière à diriger les eaux de ruissellement vers l'extérieur de l'enceinte immédiate du bâtiment et du puits de captage P-1 localisé à proximité.

La configuration de l'aire de protection immédiate en place répond aux dispositions réglementaires des articles 54, 56 et 96 du RPEP (MELCC, 2014). En ce qui concerne l'article 55 du RPEP (MELCC, 2014), le panneau en place n'indique pas de façon explicite l'existence d'une source d'approvisionnement en eau potable. Ce dernier affiche plutôt un message général qui pourrait être placardé à n'importe quel endroit au sein de la municipalité; ce qui ne permet pas de statuer de façon convaincante et sans équivoque sur la conformité de l'article 55.

Il est à noter que le MELCC n'oblige plus l'installation d'une clôture pour délimiter physiquement l'aire de protection immédiate depuis la mise en application du RPEP en 2014. Toutefois, le MELCC exige qu'un plan de localisation puisse permettre d'identifier les limites de l'aire de protection immédiate sur le terrain en vertu du libellé de l'article 68 du RPEP (MELCC, 2014).

#### 2.2.1.4 Aire de protection intermédiaire

L'aire de protection intermédiaire a pour but de procurer une protection bactériologique et virologique de l'eau souterraine captée par un puits par rapport à la présence de sources potentielles d'émission de contaminants de nature microbiologique. Pour assurer la protection bactériologique, la distance correspond à un temps de migration de l'eau souterraine sur une période de 200 jours, alors qu'un temps de migration sur une période de 550 jours permet de déterminer la distance à appliquer relativement à la protection virologique.

Une aire de protection rapprochée a été délimitée au moment de l'édition du rapport hydrogéologique en 2013, et ce, en vertu des dispositions réglementaires de l'article 25 du RCES du MELCC (2002). Les informations à caractère hydrogéologique utilisées dans le cadre de l'étude antérieure provenaient de onze ouvrages hydrauliques et d'une station de mesure de l'eau de surface.

L'aire de protection rapprochée décrite dans le RCES (MELCC, 2002) correspond en tout point à l'aire de protection intermédiaire définie à l'intérieur des dispositions réglementaires de l'article 57 du RPEP (MELCC, 2014). Si des activités agricoles impliquant notamment l'épandage ou le stockage de matières fertilisantes ainsi que le pâturage sont pratiquées au sein ou en bordure de l'aire de protection intermédiaire, les nitrites & nitrates (exprimés en N) sont notamment sélectionnés comme un paramètre indicateur à suivre dans le cadre du contrôle de la qualité de l'eau souterraine soutirée par un puits de captage dans le temps.



Considérant les connaissances microbiologiques actuelles et les législations étrangères en la matière, la solution analytique de « Bear J. (1979) » est celle qui a été appliquée en 2013, et qui est toujours utilisée depuis 2014 pour calculer les distances relatives à des temps de migration de 200 et 550 jours, et ce, à partir de l'équation suivante:

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

où K: conductivité hydraulique (4,4 m/d);

i: gradient hydraulique horizontal régional (0,0027 m/m);

n: porosité efficace (10%);

d: distance horizontale en amont sur la ligne parallèle à l'axe d'écoulement régional (m);

t: temps de migration (200 d ou 550 d);

Q: débit de pompage moyen maximum (224 m<sup>3</sup>/d);

b: épaisseur saturée moyenne du milieu aquifère (43,7 m);

ln: logarithme népérien.

La solution analytique de Bear J. (1979) considère uniquement l'écoulement horizontal en négligeant le temps requis pour l'infiltration verticale de l'eau et des contaminants de nature bactérienne et virale. La configuration de l'aire de protection intermédiaire varie directement selon le taux de pompage appliqué en prenant de l'expansion au sein de l'aire d'alimentation lorsque le débit augmente, ou à l'inverse en diminuant d'envergure si le taux de pompage est réduit.

En regard des propriétés hydrogéologiques du milieu aquifère et d'un débit de pompage moyen maximum de 224 m<sup>3</sup>/d (156 L/min ou 41 GUSPM) enregistré entre 2018 et 2020, les aires de protection bactériologique (200 d) et virologique (550 d) possèdent une distance respective de 74 et 144 m à l'intérieur de l'aire d'alimentation du puits P-1. Tel que présenté sur les planches 10 et 11 de l'annexe 5, les limites de l'aire de protection intermédiaire se retrouvent en grande partie en milieu boisé ainsi qu'au sein de l'aire clôturée. Les distances sont inscrites dans le tableau 4 ci-après, alors que leurs limites respectives apparaissent sur la figure 4 de l'annexe 2.

**Tableau 4. Envergure des aires de protection bactériologique et virologique associées au puits de captage P-1**

Puits	Débit de pompage moyen maximum		Envergure de l'aire de protection intermédiaire (Bear J., 1979)	
	(m <sup>3</sup> /d)	(GUSPM)	Bactériologique: temps de migration de 200 d (m)	Virologique: temps de migration de 550 d (m)
P-1	224	41	74	144

#### 2.2.1.5 Aire de protection éloignée

L'aire de protection éloignée vise notamment à protéger le lieu de prélèvement d'eau souterraine contre les substances polluantes mobiles et persistantes qui circulent dans l'environnement souterrain. Une aire de protection éloignée a été délimitée pour le puits de captage P-1 au moment de l'édition du rapport hydrogéologique en 2013. Les informations à caractère hydrogéologique utilisées dans le cadre de l'étude antérieure provenaient de onze ouvrages hydrauliques et d'une station de mesure de l'eau de surface.

Considérant le libellé de l'article 65 du RPEP (MELCC, 2014), l'aire d'alimentation coïncide avec l'aire de protection éloignée puisque celles-ci correspondent à la superficie de terrain au sein duquel l'eau souterraine qui y circule va éventuellement être captée par le puits. Tel que stipulé dans libellé de l'article 66 du RPEP (MELCC, 2014), l'aménagement d'un site de forage destiné à rechercher ou à exploiter du pétrole, du gaz naturel, de la saumure ou un réservoir souterrain ainsi que l'exécution d'un sondage stratigraphique sont interdits dans l'aire de protection éloignée d'un lieu de prélèvement d'eau souterraine de catégorie 1.

L'envergure de l'aire d'alimentation varie directement selon le taux de pompage appliqué en prenant de l'expansion lorsque le débit augmente, ou à l'inverse en diminuant d'envergure si le taux de pompage est réduit. Dans le cadre de l'étude hydrogéologique produite en 2013, la configuration de l'aire d'alimentation (ou de l'aire de protection éloignée) a été évaluée à partir de l'application solution analytique de « Todd D.K. (1980) » pour une nappe captive, où:

$$A = \frac{Q}{2\pi Kbi} \quad (\text{m}) \quad (2)$$

$$L = \frac{Q}{Kbi} \quad (\text{m}) \quad (3)$$

et

$$B = \frac{L}{2} \quad (\text{m}) \quad (4)$$

où A: distance à la limite aval (m);

L: limite latérale amont par rapport à la direction d'écoulement des eaux entrant dans le puits: largeur du front d'appel (m);

B: largeur de la zone de captage à la hauteur du puits (m);

i: gradient hydraulique horizontal régional (0,0027 m/m);

K: conductivité hydraulique moyenne (4,4 m/d);

b: épaisseur saturée du milieu aquifère (43,7 m);

Q: débit de pompage (224 m<sup>3</sup>/d).

En regard des propriétés hydrogéologiques du milieu aquifère et d'un débit de pompage moyen maximum de 224 m<sup>3</sup>/d (156 L/min ou 41 GUSPM) enregistré entre 2018 et 2020, la distance à la limite aval (A), la largeur du front d'appel (L) et largeur de la zone de captage (B) sont caractérisées par des distances respectives de 68, 430 et 215 m. L'aire de protection éloignée de chacun du puits P-1 s'étend en amont vers le sud-est sur une longueur de l'ordre de 1200 m jusqu'à la limite d'un sous-bassin hydrographique considérée comme une ligne de partage des eaux. En référence aux planches 10 et 11 de l'annexe 5, les limites de l'aire de protection éloignée se retrouvent en très grande partie en milieu agricole dynamique. La configuration de l'aire de protection éloignée apparaît sur la figure 4 de l'annexe 2, alors que les distances sont inscrites dans le tableau 5 ci-après.

**Tableau 5. Distances associées à la configuration de l'aire de protection éloignée du puits de captage P-1**

Puits	Débit de pompage		Envergure de l'aire de protection éloignée (Todd D.K., 1980)			
	(m <sup>3</sup> /d)	(GUSPM)	Distance à la limite aval (A) (m)	Largeur du front d'appel (L) (m)	Largeur de la zone de captage (B) (m)	Longueur de l'aire (m)
P-1	224	41	68	430	215	1200

## 2.2.2 Niveau de vulnérabilité à la contamination

### 2.2.2.1 Cadre normatif

En vertu du libellé des articles 25, 26, 29 et 30 du RCES (MELCC, 2002), le niveau de vulnérabilité devait être évalué uniquement au sein des aires de protection rapprochée (ou intermédiaire), alors que la nappe était réputée vulnérable à la contamination si l'indice DRASTIC était supérieur à 100.

En regard des dispositions de l'article 53 du RPEP (MELCC, 2014), la vulnérabilité intrinsèque de l'eau souterraine doit être déterminée au sein de chacune des aires de protection d'une installation de prélèvement de catégorie 1 par le biais de l'application de la méthode DRASTIC.

#### 2.2.2.2 Description de la méthode DRASTIC

La vulnérabilité d'un milieu aquifère à la contamination est évaluée à partir de la méthode DRASTIC développée par l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA) (Aller et al., 1987). Depuis la parution du RCES en 2002, cette méthode est utilisée pour évaluer les risques de contamination des sources d'approvisionnement en fonction des activités et des infrastructures présentes dans les environs d'un lieu de prélèvement d'eau souterraine. Cette méthode est tout particulièrement appliquée sur l'ensemble des aires de protection d'un puits ou d'une batterie de puits pour cerner le plus précisément possible les zones vulnérables à la contamination.

La méthode DRASTIC consiste en un système de cotation numérique jumelé à un document cartographique qui fait appel au concept d'unité hydrogéologique. Cette méthode repose sur trois hypothèses de base:

- 1- les sources de contamination sont localisées à la surface du sol;
- 2- les contaminants migrent depuis la surface du sol jusqu'au milieu aquifère par les eaux d'infiltration;
- 3- les contaminants ont la même mobilité que l'eau.

La méthode DRASTIC considère sept paramètres physiques distincts pour la détermination des indices de vulnérabilité:

- 1- la profondeur de la nappe d'eau souterraine par rapport à la surface (D);
- 2- le taux d'infiltration annuelle de l'eau qui alimente la nappe d'eau souterraine (R);
- 3- le milieu aquifère qui alimente le puits (A);
- 4- le milieu pédologique qui recouvre la nappe d'eau souterraine (S);
- 5- la topographie environnante (pente du terrain) (T);
- 6- l'impact de la zone non saturée sur le milieu aquifère (I);
- 7- la conductivité hydraulique du milieu aquifère (C).

Chacun de ces paramètres joue un rôle plus ou moins important dans les processus de transport et d'atténuation des contaminants. Pour cette raison, la méthode tient compte de l'importance relative de chaque paramètre, en attribuant à chacun d'eux un poids dont la valeur varie de 1 à 5 (Aller et al., 1987). Chaque poids est fixé par un consensus de type Delphi. En référence au tableau 6 ci-après, un paramètre prépondérant a un poids de 5, alors qu'un paramètre ayant moins d'impact sur le transport et l'atténuation de la contamination possède un poids de 1.



**Tableau 6. Poids relatif à chacun des paramètres \***

PARAMÈTRES	POIDS
Profondeur de la nappe d'eau souterraine par rapport à la surface (D)	5
Taux d'infiltration annuelle de l'eau qui alimente la nappe d'eau souterraine (R)	4
Milieu aquifère qui alimente le puits (A)	3
Milieu pédologique qui recouvre la nappe d'eau souterraine (S)	2
Topographie environnante (pente du terrain) (T)	1
Impact de la zone non saturée sur le milieu aquifère (I)	5
Conductivité hydraulique du milieu aquifère (C)	3

\* tableau tiré et adapté de Aller & al. (1987)

Une cote qui varie de 1 à 10 est attribuée à chacun des paramètres. Une cote de 1 correspond à des conditions de moindre vulnérabilité, tandis qu'une cote de 10 reflète des conditions propices à la contamination. L'indice DRASTIC propre à chaque unité hydrogéologique est obtenu à l'aide de l'équation suivante:

$$D_c D_p + R_c R_p + A_c A_p + S_c S_p + T_c T_p + I_c I_p + C_c C_p = I \quad (5)$$

où c: cote;

p: poids;

I: indice DRASTIC

Le résultat obtenu est ensuite exprimé sous forme de pourcentage en utilisant la formule de conversion suivante:

$$\text{Indice DRASTIC (\%)} = \frac{I - 23}{203} \times 100 \quad (6)$$

où I: Indice DRASTIC calculé.

Les indices DRASTIC représentent une évaluation de la vulnérabilité à la contamination d'une unité hydrogéologique, alors que la vulnérabilité augmente avec la valeur de l'indice. Sur une carte de vulnérabilité, l'unité hydrogéologique correspond à une zone géographique bien délimitée. Les indices ne représentent pas une mesure absolue du risque de contamination, mais plutôt une mesure relative ou comparative. Les valeurs sont attribuées à la zone elle-même, et non pas au contour de cette zone. Il n'y a pas de transition progressive de la valeur des indices d'une zone à l'autre et la notion d'isocontours ne s'applique pas.

La méthode DRASTIC permet de calculer un indice général de vulnérabilité. La valeur maximale de l'indice DRASTIC est de 226 (100%) et la valeur minimale de 23 (0%). Le tableau 7 ci-après présente les indices DRASTIC en fonction du niveau de vulnérabilité en regard de la classification proposée par le MELCC (2014 & 2019).

**Tableau 7. Indice DRASTIC en fonction du niveau de vulnérabilité \***

<b>Indice DRASTIC (I)</b>	<b>Niveau de vulnérabilité</b>
23 à 100 (0 à 38%)	Faible
101 à 179 (39 à 76%)	Moyen
180 à 226 (77 à 100%)	Élevé

\* tableau tiré et adapté du MELCC (2014 & 2019)

### 2.2.2.3 Application de la méthode DRASTIC

Le niveau de la vulnérabilité à la contamination de la nappe d'eau souterraine a déjà fait l'objet d'une évaluation au moyen de la méthode DRASTIC au sein de l'aire d'alimentation du puits P-1 au moment de l'édition du rapport hydrogéologique antérieur en 2013. Les valeurs des indices DRASTIC avaient alors été comparées aux trois niveaux de vulnérabilité présentés dans le tableau 7 précédent. En regard des dispositions réglementaires en vigueur dans le RPEP (MELCC, 2014), le niveau de vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines doit être évalué par un professionnel pour chaque aire de protection d'un prélèvement d'eau de catégorie 1, et ce, sur la base des procédures décrites au préalable à la section 2.2.2.2 de ce rapport.

Dans le cadre du présent mandat, le calcul des indices DRASTIC est révisé en validant les cotes attribuées antérieurement. Le « Système d'Information Hydrogéologique » (ci-après « SIH ») du MELCC (2021) a été consulté en vue d'obtenir des renseignements complémentaires à partir de sept puits privés qui sont aménagés dans le secteur de l'ouvrage de captage municipal. D'autres informations d'ordre hydrostratigraphique proviennent de l'étude de « INRS-PACES (2013) ». Enfin, une visite du territoire jumelée à l'étude de la cartographie géologique permettent d'identifier certains éléments pertinents pouvant avoir un impact sur les indices DRASTIC.

Les indices DRASTIC sont évalués pour l'unité hydrogéologique composée du massif rocheux de nature calcaire surmonté successivement d'un dépôt de till silto-argileux et d'une formation d'argile silteuse. Une nappe captive circule au sein des zones de fractures qui traversent le roc, lequel constitue l'aquifère à protéger à la hauteur des aires de protection associées au puits de captage P-1. Les indices sont calculés en tenant compte du contexte géologique, de la topographie et de la géomorphologie des lieux ainsi que des propriétés hydrogéologiques du milieu aquifère.

En référence aux calculs détaillés présentés à l'annexe 7 et aux valeurs inscrites dans le tableau 8 ci-après, la formation aquifère rocheuse est caractérisée par un niveau de vulnérabilité à la contamination qualifié de « faible » à l'intérieur de l'aire de protection immédiate avec un indice DRASTIC de 83 (30%). Le niveau de vulnérabilité à la contamination demeure « faible » à l'intérieur des aires de protection intermédiaire et éloignée avec des indices DRASTIC de 83 (30%) ou 93 (34%) selon l'endroit. La profondeur à laquelle se retrouve le toit de la formation aquifère rocheuse constitue le paramètre qui influence le plus la valeur des indices DRASTIC. Il est à noter que la production d'une carte illustrant le niveau de vulnérabilité à la contamination n'est pas jugée nécessaire, puisque les valeurs des indices DRASTIC varient peu tout en demeurant faibles sur toute la superficie couverte par les aires de protection.

**Tableau 8. Niveau de vulnérabilité à la contamination de la formation aquifère donné par les indices DRASTIC au sein des aires de protection du puits de captage P-1**

Indice DRASTIC		Cote attribuée		
Paramètre	Poids			
D	5	3	3 ou 5	3 ou 5
R	4	6	6	6
A	3	7	7	7
S	2	1	1	1
T	1	10	10	10
I	5	1	1	1
C	3	2	2	2
	Valeur indice DRASTIC	83	83 ou 93	83 ou 93
	Niveau de vulnérabilité	Faible	Faible	Faible
	Aire de protection	Immédiate	Intermédiaire	Éloignée

### 2.2.3 Discussion sur la configuration des aires de protection et le niveau de vulnérabilité

Le retrait par le MELCC de l'obligation d'installer une clôture sur les limites de l'aire de protection immédiate constitue un recul important en matière de protection des installations de captage d'eau souterraine. La position du MELCC est étonnante et incohérente face à l'application du principe des barrières multiples, lequel vise à minimiser les risques de contamination de la ressource à partir du lieu de prélèvement jusqu'aux usagers à alimenter en eau potable. La clôture constitue un élément incontournable comme l'une des premières barrières physiques de protection, puisque les sources d'approvisionnement en eau souterraine sont souvent localisées dans des secteurs isolés et éloignés par rapport aux utilisateurs à alimenter en eau potable.

Le soussigné considère qu'une modification doit être apportée à la réglementation actuelle afin de réinstaurer l'obligation d'installer une clôture sécuritaire au pourtour d'une aire de protection immédiate, et ce, puisqu'un plan de localisation illustrant les limites de ladite aire ne constitue pas une barrière de protection très efficace et dissuasive face aux risques que représentent le vandalisme et la pratique d'activités humaines jugées inappropriées d'un point de vue environnemental.

La configuration des aires de protection intermédiaire et éloignée du lieu de prélèvement d'eau souterraine a été évaluée à partir de solutions analytiques développées pour des milieux isotropes et homogènes. L'applicabilité des solutions analytiques sélectionnées a déjà été démontrée pour l'aquifère rocheux fracturé puisqu'il a un comportement hydraulique assimilable à un milieu poreux, et ce, en vertu des critères élaborés par Bradbury & al. (1991). Les solutions analytiques sélectionnées considèrent l'application des conditions idéalisées suivantes: 1) l'infiltration est négligeable; 2) le puits pénètre complètement l'aquifère sollicité par pompage; 3) la formation aquifère est caractérisée par une extension latérale infinie; 4) la formation aquifère granulaire est associées à un milieu simple, isotrope et homogène et; 5) la « Loi de Darcy H. (1856) » est valide. Ainsi, il est nécessaire de considérer la configuration des aires de protection davantage comme une estimation, puisque les conditions et les prémisses théoriques s'appliquent difficilement dans les milieux aquifères naturels considérés hétérogènes et caractérisés par une géométrie complexe.

Dans le contexte spécifique du lieu de prélèvement d'eau souterraine de la municipalité de Saint-Jacques-le-Mineur, les solutions analytiques jumelées à des éléments cartographiques permettent d'évaluer avec confiance la configuration des aires de protection intermédiaire et éloignée associées à l'ouvrage de captage. L'utilisation de méthodes numériques ou strictement cartographiques demanderait des efforts et des investissements plus importants en termes d'investigations hydrogéologiques pour tenter d'augmenter le degré de précision, ou simplement de valider les résultats des solutions analytiques. L'emploi de méthodes qui exigent davantage d'investigations pourrait s'avérer utile si l'intégrité physique de la nappe aquifère devait éventuellement être menacée par des activités anthropiques jugées trop contraignantes ou à risque d'un point de vue environnemental, ou s'il advenait des conflits d'usage majeurs avec certains utilisateurs du territoire.



Les informations à caractère hydrogéologique obtenues par le biais de forages, de la cartographie géologique, de la visite des lieux et des essais de pompage de longue durée permettent aussi d'évaluer avec confiance le niveau de vulnérabilité à la contamination de l'eau souterraine au sein des aires de protection du puits de captage. L'exploitation permanente de la nappe aquifère qui perdure depuis 2014 n'a jamais été interrompue en raison d'une problématique liée à la contamination induite de l'eau brute par les activités anthropiques environnantes. Devant ce fait probant, force est de constater que la configuration des aires de protection et le niveau de vulnérabilité définis antérieurement, ont permis, et permettent toujours aux autorités municipales de gérer le développement du territoire en fonction de la préservation de l'intégrité de la ressource.

Dans un contexte où la nappe d'eau souterraine de type « captif » est naturellement protégée par des dépôts géologiques peu perméables en regard du niveau de vulnérabilité qualifié de « faible » par les indices DRASTIC, la détermination de la configuration des aires de protection intermédiaire et éloignée constitue davantage un exercice académique où le degré de précision obtenu par le biais de solutions analytiques est amplement suffisant pour gérer adéquatement les usages et le développement du territoire.