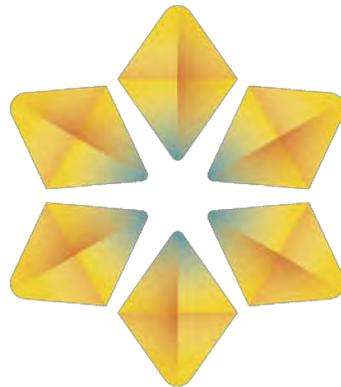


MUNICIPALITÉ
Saint-Narcisse



ANALYSE DE
VULNÉRABILITÉ DE LA
SOURCES POUR LES
PRÉLÈVEMENTS D'EAU
POTABLE DE LA
MUNICIPALITÉ DE
SAINT-NARCISSE

Analyse de la vulnérabilité de la source pour les prélèvements d'eau souterraine
n°X0009463-9, X0009463-10, X0009463-11, X0009463-12, X0009463-13, X0009463-14,
X0009463-15 et X0009463-16

Municipalité de Saint-Narcisse
N/Réf. : 19181-101



MUNICIPALITÉ DE SAINT-NARCISSE

RAPPORT TECHNIQUE

Analyse de la vulnérabilité de la source pour les prélèvements d'eau souterraine
n°X0009463-9, X0009463-10, X0009463-11, X0009463-12, X0009463-13,
X0009463-14, X0009463-15 et X0009463-16

N/RÉF. : 19181-101 | LE 31 MARS 2021

Rédigé par :

Cintia Racine, M. Sc.
Chargée de projets en hydrogéologie

Révisé et approuvé par :

Gaëlle Carrier, ing. (131455)
Associée – Directrice hydrogéologie

Geneviève Hutton, ing. (5060180)
Chargée de projets

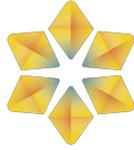


TABLE DES MATIÈRES

1.0	INTRODUCTION	1
2.0	CARACTÉRISATION DU PRÉLÈVEMENT D'EAU	2
2.1	Description des sites de prélèvement et de l'installation de production d'eau potable	3
2.1.1	Description des sites de prélèvement	3
2.1.2	Description de l'installation de production d'eau potable	10
2.2	Aires de protection des sites de prélèvement	11
2.3	Niveaux de vulnérabilité des aires de protection	13
3.0	ÉLÉMENTS SUSCEPTIBLES D'AFPECTER LA QUALITÉ OU LA QUANTITÉ DES EAUX EXPLOITÉES	16
3.1	Inventaire des activités anthropiques et évaluation des menaces qu'elles représentent	16
3.2	Inventaire des événements potentiels et évaluation des menaces qu'ils représentent	21
4.0	IDENTIFICATION DES PROBLÈMES AVÉRÉS ET DES CAUSES PROBABLES	31
5.0	INFORMATIONS MANQUANTES	32
6.0	RECOMMANDATIONS	32

LISTE DES TABLEAUX (SUITE)

Tableau 10 :	Description de l'installation de production d'eau potable	10
Tableau 11 :	Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-1 et P-3	14
Tableau 12 :	Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-4	14
Tableau 13 :	Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-6	14
Tableau 14 :	Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-10	15
Tableau 15 :	Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-12	15
Tableau 16 :	Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-13	15
Tableau 17 :	Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-14	15
Tableau 18 :	Inventaire des activités anthropiques – Puits P-1 et P-3	16
Tableau 19 :	Inventaire des activités anthropiques – Puits P-4	17
Tableau 20 :	Inventaire des activités anthropiques – Puits P-6	17
Tableau 21 :	Inventaire des activités anthropiques – Puits P-10	17
Tableau 22 :	Inventaire des activités anthropiques – Puits P-12	18
Tableau 23 :	Inventaire des activités anthropiques – Puits P-13	18
Tableau 24 :	Inventaire des activités anthropiques – Puits P-14	19
Tableau 25 :	Inventaire des événements potentiels des puits P-1 et P-3	21
Tableau 26 :	Inventaire des événements potentiels des puits P-4	23
Tableau 27 :	Inventaire des événements potentiels des puits P-6	23
Tableau 28 :	Inventaire des événements potentiels des puits P-10	24
Tableau 29 :	Inventaire des événements potentiels des puits P-12	25
Tableau 30 :	Inventaire des événements potentiels des puits P-13	25
Tableau 31 :	Inventaire des événements potentiels des puits P-14	26



Rapport technique à caractère public



1.0 INTRODUCTION

En vertu du *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (RPEP), la municipalité de Saint-Narcisse doit procéder à l'analyse de la vulnérabilité de ses sites de prélèvement de catégorie 1. Huit sites de prélèvement visés par le RPEP sont présents et exploités sur le territoire de Saint-Narcisse. Ce sont des sites de prélèvement d'eau souterraine (puits tubulaires) raccordés à une seule installation de production d'eau potable et un réseau de distribution (*Système de distribution d'eau potable Saint-Narcisse*).

Afin de répondre aux exigences du RPEP, le conseil municipal de Saint-Narcisse a mandaté Groupe Akifer inc. (Akifer) pour procéder à l'analyse de la vulnérabilité de ses sites de prélèvement de catégorie 1. Selon l'article 68 du RPEP, le rapport d'analyse de vulnérabilité d'un site de prélèvement d'eau souterraine doit contenir les éléments suivants :

1. La localisation du site de prélèvement et une description de son aménagement;
2. Le plan de localisation des aires de protection immédiate, intermédiaire et éloignée;
3. Les niveaux de vulnérabilité des aires de protection évalués conformément à la méthode DRASTIC;
4. Au regard de l'aire de protection éloignée, les activités anthropiques, les affectations du territoire et les événements potentiels qui sont susceptibles d'affecter la qualité et la quantité des eaux exploitées par le prélèvement;
5. Une évaluation des menaces que représentent les activités anthropiques et les événements potentiels répertoriés en vertu de l'item 4;
6. Une identification des causes pouvant expliquer ce qui affecte ou a affecté la qualité et la quantité des eaux souterraines exploitées par le prélèvement, en fonction de l'interprétation des données disponibles, notamment celles obtenues dans le cadre des suivis de la qualité des eaux brutes et distribuées, exigés en vertu du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (chapitre Q-2, R-40).

Le présent rapport consigne l'ensemble des informations requises pour assurer la conformité des sites de prélèvement d'eau souterraine de catégorie 1 de la municipalité de Saint-Narcisse avec le chapitre VI du RPEP, le tout conformément au *Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable au Québec* (Guide) produit par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).

Il est à noter que la démarche d'analyse de la vulnérabilité relative aux eaux souterraines a été amorcée dans le cadre de l'application du *Règlement sur le captage des eaux souterraines* (RCES) adopté en 2002 par le Gouvernement du Québec. Ce règlement prescrivait déjà que des aires de protection soient délimitées et que leur vulnérabilité soit évaluée par l'application de la méthode DRASTIC. Il exigeait aussi le recensement des activités et des ouvrages pouvant affecter la qualité microbiologique de l'eau. Le RPEP, entré en vigueur en 2014, a notamment été mis en œuvre pour renforcer la protection des sources destinées à l'alimentation en eau potable en encadrant diverses activités humaines dont l'exercice est susceptible d'affecter la qualité des eaux exploitées.



2.0 CARACTÉRISATION DU PRÉLÈVEMENT D'EAU

La municipalité de Saint-Narcisse est située à 38 kilomètres au nord de la ville de Trois-Rivières. Elle est bordée par les paroisses de Notre-Dame-du-Mont-Carmel au sud-ouest, Saint-Maurice au sud, Sainte-Geneviève-de-Batiscan à l'est, Saint-Séverin au nord et Hérouxville au nord-ouest et par les municipalités de Saint-Luc-de-Vincennes au sud-est et Saint-Stanislas au nord-est et, finalement, par la ville de Shawinigan à l'ouest. Le territoire municipal de Saint-Narcisse, d'une superficie de 107 km², fait partie de la MRC Les Chenaux, dans la région administrative de la Mauricie. La population compte 1 812 personnes.

Un relief relativement plat, comprenant toutefois différentes formes associées aux différentes périodes glaciaires, caractérise la physiographie de Saint-Narcisse. La moraine de Saint-Narcisse est la forme glaciaire la plus dominante du secteur, elle brise l'uniformité du relief de Saint-Narcisse. Elle se manifeste par un long cordon, en relief positif, de till et de débris rocheux. Au point de vue hydrographique, la municipalité de Saint-Narcisse est située dans le bassin versant de la rivière Batiscan. Le réseau de drainage de surface est contrôlé par la rivière Batiscan. Elle prend sa source sur le plateau laurentien, parcourt environ 170 kilomètres selon un axe nord-sud et finit sa course dans le fleuve Saint-Laurent, en aval de la municipalité de Sainte-Geneviève-de-Batiscan.

Au point de vue géologique, la municipalité de Saint-Narcisse est située dans la province géologique du Grenville, à quelques kilomètres du contact avec la province de la plate-forme du Saint-Laurent. Les roches métamorphiques formant le socle rocheux sont d'âge précambrien. Elles sont principalement composées d'orthogneiss à biotite, hornblende et andésine ou de gabbro du groupe de Grenville.

Les dépôts du quaternaire recouvrant la région de Saint-Narcisse sont majoritairement associés à la moraine de Saint-Narcisse, des plaines d'argiles marines et les terrasses sablonneuses remaniées par le littoral de la mer de Champlain.

2.1 Description des sites de prélèvement et de l'installation de production d'eau potable

La municipalité de Saint-Narcisse est desservie en eau potable par un réseau d'aqueduc alimenté par huit sites de prélèvement d'eau souterraine reliés à une installation de production d'eau potable nommée *Système d'approvisionnement Saint-Narcisse*. Les prélèvements sont faits par l'intermédiaire de huit puits tubulaires identifiés P-1, P-3, P-4, P-6, P-10, P-12, P-13 et P-14. Tous les puits sont regroupés sur un axe sud-ouest/nord-est. Ils sont situés au sud-est du périmètre urbain, de part et d'autre de la route 361, à l'exception du puits P-14 qui est situé au sud-ouest du périmètre urbain, en bordure de la route 359. Il faut noter que le puits P-13 n'est plus utilisé depuis mai 2015. Historiquement, il était sujet à des concentrations élevées en carbone organique total. Il a donc été remplacé par le puits P-14 et il est maintenant utilisé comme puits d'appoint. La municipalité possède également un autre puits (P-11), mais ce dernier n'est pas exploité en raison de la mauvaise qualité de son eau.

La localisation des sites de prélèvement et de l'installation de production d'eau potable qui leur est associée est montrée à la figure 1 de l'annexe 1.



2.1.1 Description des sites de prélèvement

Les puits P-1, P-3, P-4, P-6, P-10 et P-12 exploitent un aquifère libre et captif localisé à faible profondeur dans les dépôts granulaires de la moraine de Saint-Narcisse, sus-jacente à un dépôt d'argile marine. Les puits P-13 et P-14 exploitent pour leur part un aquifère profond dans les roches ignées et métamorphiques du socle Grenvillien. Les puits P-1 et P-10 sont localisés à l'intérieur de bâtiments de pompage tandis que les autres puits sont localisés à l'extérieur.

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

Les installations de production et distribution d'eau potable de Saint-Narcisse comprennent cinq stations de pompage, deux stations de traitement de l'eau, une station de distribution, un réservoir d'emmagasinement, un réseau de distribution et de protection incendie et une génératrice d'urgence. Chaque puits possède un compteur d'eau ou débitmètre qui lui est dédié et relié à un système d'acquisition de données à distance. Deux des cinq stations de pompage pompent l'eau de plus d'un puits. Les puits P-1, P-4 et P-14 ont une station de pompage qui leur est dédiée alors que les puits P-3 et P-13 d'une part et les puits P-6, P-10 et P-12 d'autre part ont des stations de pompage communes.

La filière de traitement de l'eau des puits se résume à une simple désinfection au chlore. L'eau extraite du puits P-14, situé au sud-ouest du périmètre urbain, est désinfectée sur place dans sa station de pompage en bordure de la route 359. L'eau extraite des autres puits, situés au sud-est du périmètre urbain, est désinfectée à la station de traitement en bordure de la route 361. Dans les deux cas, le temps de contact est obtenu dans des conduites prévues à cet effet entre les stations et le réservoir d'emmagasinement au centre du périmètre urbain. L'eau est ensuite distribuée dans le réseau à l'aide de surpresseur.

Le tableau 10 présente les principaux éléments d'informations relatifs à l'installation de production d'eau potable. Des photos des installations sont montrées à l'annexe 5.

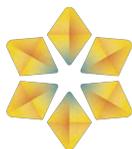


Tableau 10 - Description de l'installation de production d'eau potable

Élément	Description
Nom	Système d'approvisionnement Saint-Narcisse
Numéro	X0009463
Localisation	353, route 352, Saint-Narcisse (Québec)
Nom et numéro de l'installation de distribution reliée	Système de distribution d'eau potable Saint-Narcisse (X0009462)
Nombre de personnes desservies par le biais du réseau de distribution	1 810 personnes selon le répertoire des installations municipales de distribution d'eau potable du MELCC (http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/distribution/resultats.asp)
Provenance de l'eau	Souterraine
Sites de prélèvement reliés à cette installation	Puits P-1 (X0009463-13) Puits P-3 (X0009463-14) Puits P-4 (X0009463-9) Puits P-6 (X0009463-15) Puits P-10 (X0009463-10) Puits P-12 (X0009463-11) Puits P-13 (X0009463-12) Puits P-14 (X0009463-16)



2.2 Aires de protection des sites de prélèvement

Selon le RPEP, des aires de protection doivent être délimitées par un professionnel pour les prélèvements d'eau souterraine destinée à la consommation humaine afin notamment d'évaluer la vulnérabilité de l'eau souterraine et d'encadrer l'exécution de certaines activités pouvant affecter sa qualité.

Pour les prélèvements d'eau de catégorie 1, le RPEP définit quatre aires de protection, soit :

- L'aire de protection immédiate;
- L'aire de protection intermédiaire bactériologique;
- L'aire de protection intermédiaire virologique;
- L'aire de protection éloignée, qui correspond à l'aire d'alimentation du prélèvement.

L'aire de protection immédiate est définie par un rayon fixe de 30 mètres autour du site de prélèvement alors que les limites des aires de protection intermédiaire et éloignée doivent être délimitées à l'aide des données recueillies par le biais d'un minimum de trois puits d'observation aménagés au sein de l'aquifère exploité. Les aires de protection intermédiaire correspondent au temps de migration de l'eau souterraine de 200 jours pour la protection bactériologique et de 550 jours pour la protection virologique. L'aire de protection éloignée, ou aire d'alimentation, correspond à la superficie du terrain au sein duquel les eaux souterraines y circulant vont éventuellement être captées par l'installation de prélèvement. Elle a théoriquement la forme d'une parabole ouverte du côté amont et s'étend jusqu'à la ligne de partage des eaux. Elle est évaluée en utilisant le débit journalier moyen d'exploitation. Dans le but d'obtenir une valeur qui est la plus représentative des conditions d'exploitation, il est pratique courante d'utiliser le débit moyen journalier calculé sur une période de 90 jours consécutifs pendant laquelle le volume exploité est maximal.

Avis professionnel sur la révision des aires de protection

Les aires de protection des ouvrages de captage de la municipalité de Saint-Narcisse ont été déterminées dans des études hydrogéologiques antérieures. Ces dernières sont référencées au tableau 1 du présent rapport (MissionHGE, 07139-101 et 14146-101). Dans ces études, les aires de protection ont été délimitées selon les dispositions des articles 24 et 25 du RCES en vigueur à l'époque. Les aires de protection intermédiaire et éloignée ont été délimitées à l'aide de solutions analytiques et les aires de protection immédiate ont été fixées à un rayon de 30 mètres autour de chacun des puits.

Dans le cadre des étapes préalables à l'analyse de la vulnérabilité des puits de Saint-Narcisse, une revue des études antérieures, une vérification de la présence d'activités susceptibles d'émettre des contaminants au sein des aires de protection des puits de la municipalité et une analyse de cette information ont été effectuées par Akifer afin d'évaluer s'il y avait lieu de réviser la délimitation des aires de protection. La présence de terrains à vocation agricole au sein des aires de protection et à leur périphérie immédiate a milité en faveur d'une révision des aires de protection. Dans ce contexte, il a été recommandé à la municipalité de réviser les aires de protection des puits P-1, P-3, P-4, P-6, P-10, P-12, P-13 et P-14, par l'utilisation d'un modèle numérique d'écoulement.



- Vulnérabilité moyenne : indice DRASTIC supérieur à 100 et inférieur à 180;
- Vulnérabilité élevée : indice DRASTIC supérieur à 180.

Les travaux ayant servi à la détermination des indices de vulnérabilité DRASTIC dans les aires de protection des puits aménagés dans l'aquifère de roc fracturé (P-13 et P-14) sont documentés à l'annexe 6 et ceux aménagés dans l'aquifère granulaire (P-1, P-3, P-4, P-6, P-10 et P-12) sont présentés à l'annexe 7.

Les indices et les niveaux de vulnérabilité obtenus dans chaque aire de protection sont colligés dans les tableaux 11 à 17, ainsi qu'aux tableaux A4-1 de l'annexe 8. Les figures 3A (aquifère granulaire libre), 3B (aquifère granulaire captif) et 3C (aquifère de roc) de l'annexe 1 montrent la distribution des indices DRASTIC à l'intérieur des aires de protection de chacun des puits.

La réglementation pertinente à la qualité de l'eau potable et à l'exploitation des eaux souterraines est plus restrictive pour les activités de nature agricole à contrôler ou à interdire dans les aires de protection intermédiaire lorsque l'indice DRASTIC est supérieur ou égal à 100.

Les aires de protection immédiate, intermédiaire et éloignée des puits de Saint-Narcisse, comme présentées aux figures 2A et 2B, sont conformes aux prescriptions des articles 54, 57 et 65 du RPEP pour des prélèvements de catégorie 1.

Limites du modèle théorique d'écoulement

Les aires de protection révisées à l'aide de la modélisation numérique sont basées sur les comportements hydrodynamiques moyens de l'aquifère documentés dans les études antérieures. Les modèles numériques ont été construits à partir de plusieurs données spatialisées (unités géologiques, cours d'eau, topographie, etc.) et informations recueillies dans les études antérieures ainsi qu'à partir de données hydrogéologiques théoriques reconnues. Les domaines d'étude couvrent une grande superficie et comportent de nombreux changements topographiques, hydrographiques et géologiques. Des valeurs moyennes ont été utilisées pour représenter les niveaux d'eau dans les cours d'eau et les paramètres hydrodynamiques des différentes zones et couches de l'aquifère. Il est possible que des hétérogénéités dans la stratigraphie n'aient pas été prises en compte par les modèles et que certains secteurs soient moins bien représentés par les valeurs moyennes des différents paramètres utilisés.

Bien qu'inévitables, de telles approximations méthodologiques peuvent influencer les résultats des modèles. Ainsi, les limites des aires de protection doivent être vues de façon probabiliste plutôt que de façon déterministe. Dans le cas présent, les aires délimitées sont conservatrices et ces dernières nous semblent adéquates pour offrir une bonne protection pour les puits P-1, P-3, P-4, P-6, P-10, P-12, P-13 et P-14 utilisés pour desservir le réseau de distribution.



2.3 Niveaux de vulnérabilité des aires de protection

La vulnérabilité intrinsèque de l'eau souterraine se définit comme sa sensibilité à la contamination par l'activité humaine. Pour l'évaluer, l'emploi de la méthode DRASTIC (Aller et al., 1987) est prescrit par le RPEP. Cette méthode permet d'évaluer la vulnérabilité de l'eau souterraine sur la base des cadres géologique et hydrogéologique. Elle fait abstraction de la nature des contaminants et des facteurs de risque reliés à des paramètres tels que la proximité des usagers, les activités pratiquées en surface, etc.

L'indice DRASTIC est basé sur sept paramètres dont les premières lettres forment l'acronyme DRASTIC : profondeur (depth) de la nappe (D), recharge annuelle (R), type d'aquifère (A), type de sol (S), topographie des lieux (T), impact de la zone vadose (I) et conductivité hydraulique de l'aquifère (C). Un poids est attribué à chacun des paramètres selon son influence. Le produit de ce poids par une cote dépendant des conditions locales constitue un indice partiel et la somme de ces indices forme l'indice DRASTIC. Cet indice peut varier de 23 à 226.

Selon l'article 53 du RPEP, la vulnérabilité de l'eau souterraine établie à l'aide de l'indice DRASTIC comporte trois niveaux :

- Vulnérabilité faible : indice DRASTIC égal ou inférieur à 100;
- Vulnérabilité moyenne : indice DRASTIC supérieur à 100 et inférieur à 180;
- Vulnérabilité élevée : indice DRASTIC supérieur à 180.

Les travaux ayant servi à la détermination des indices de vulnérabilité DRASTIC dans les aires de protection des puits aménagés dans l'aquifère de roc fracturé (P-13 et P-14) sont documentés à l'annexe 6 et ceux aménagés dans l'aquifère granulaire (P-1, P-3, P-4, P-6, P-10 et P-12) sont présentés à l'annexe 7.

Les indices et les niveaux de vulnérabilité obtenus dans chaque aire de protection sont colligés dans les tableaux 11 à 17, ainsi qu'aux tableaux A4-1 de l'annexe 8. Les figures 3A (aquifère granulaire libre), 3B (aquifère granulaire captif) et 3C (aquifère de roc) de l'annexe 1 montrent la distribution des indices DRASTIC à l'intérieur des aires de protection de chacun des puits.



Tableau 11 - Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-1 et P-3

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 – P-1	134-152	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Immédiate – P-3	134-156	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Bactériologique – P-1	134-152	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Bactériologique – P-3	134-158	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Virologique – P-1	134-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Virologique – P-3	134-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Éloignée - P-1 et P-3	113-168	Voir figures 3A et A7-20	Moyen

Tableau 12 - Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits 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	144-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Bactériologique	144-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Virologique	144-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Éloignée	117-168	Voir figures 3A et A7-20	Moyen

Tableau 13 - Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-6

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	154-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Bactériologique	144-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Virologique	134-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Éloignée	144-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen

Tableau 14 - Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-10

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	82-90	Voir figures 3B et A7-20	Faible
Bactériologique	82-91	Voir figures 3B et A7-20	Faible
Virologique	72-91	Voir figures 3B et A7-20	Faible
Éloignée	72-91	Voir figures 3B et A7-20	Faible



Tableau 15 - Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-12

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	162-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Bactériologique	144-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Virologique	134-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen
Éloignée	136-163	Voir figures 3A et A7-20	Moyen

Tableau 16 - Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-13

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	44-53	Voir figures 3C et A6-19	Faible
Bactériologique	44-53	Voir figures 3C et A6-19	Faible
Virologique	44-53	Voir figures 3C et A6-19	Faible
Éloignée	38-128	Voir figures 3C et A6-19	Faible à moyen

Tableau 17 - Niveau de vulnérabilité des aires de protection – Puits P-14

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	44-53	Voir figures 3C et A6-19	Faible
Bactériologique	44-53	Voir figures 3C et A6-19	Faible
Virologique	42-53	Voir figures 3C et A6-19	Faible
Éloignée	38-133	Voir figures 3C et A6-19	Faible à moyen

La réglementation pertinente à la qualité de l'eau potable et à l'exploitation des eaux souterraines est plus restrictive pour les activités de nature agricole à contrôler ou à interdire dans les aires de protection intermédiaire lorsque l'indice DRASTIC est supérieur ou égal à 100.



3.0 ÉLÉMENTS SUSCEPTIBLES D'AFPECTER LA QUALITÉ OU LA QUANTITÉ DES EAUX EXPLOITÉES

3.1 Inventaire des activités anthropiques et évaluation des menaces qu'elles représentent

L'inventaire des activités anthropiques susceptibles d'affecter la qualité ou la quantité des eaux exploitées a été réalisé à l'aide de la matrice graphique de la MRC des Chenaux, ainsi que les logiciels Google Maps et QGIS. De plus, la liste des banques de données consultées pour la réalisation des inventaires est placée à l'annexe 10. L'inventaire a aussi été complété lors de la visite effectuée le 1^{er} octobre 2020.

Les activités anthropiques répertoriées dans les aires de protection des puits municipaux exploités se retrouvent aux figures 2A et 2B de l'annexe 1. Elles ont également été compilées sommairement aux tableaux 18 à 24 ci-après. L'évaluation du potentiel de risque des activités qui rejettent, ou qui sont susceptibles de rejeter des contaminants pouvant affecter les eaux exploitées, a été réalisés selon la méthodologie établie par le MELCC et décrite dans le Guide. L'inventaire exhaustif des activités anthropiques, comprenant l'évaluation des menaces qu'elle représente, se trouve aux tableaux A4-2 en annexe 8 du présent rapport et varie de très faible à élevé.

Tableau 18 - Inventaire des activités anthropiques - Puits P-1 et P-3

Activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Circulation routière (rue de l'Église)	Circulation de véhicules et utilisation probable de sels de voirie et/ou abras	Intermédiaire	Sels de voirie et abrasifs	Moyen
		Éloignée		Faible
Réseau d'égouts municipal	Fuites probables dans les conduites d'égouts	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Élevé
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
Ligne de transport d'électricité	Entretien sous les tours avec utilisation possible de pesticides	Éloignée	Pesticides	Faible
Industrie	Usine de fabrication de matelas	Éloignée	Hydrocarbures et substances organiques et inorganiques	Faible
	Usine de fabrication de produits du tabac			
Champs en culture	Entreposage et épandage probables de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Élevé
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen



3.0 ÉLÉMENTS SUSCEPTIBLES D'AFPECTER LA QUALITÉ OU LA QUANTITÉ DES EAUX EXPLOITÉES

3.1 Inventaire des activités anthropiques et évaluation des menaces qu'elles représentent

L'inventaire des activités anthropiques susceptibles d'affecter la qualité ou la quantité des eaux exploitées a été réalisé à l'aide de la matrice graphique de la MRC des Chenaux, ainsi que les logiciels Google Maps et QGIS. De plus, la liste des banques de données consultées pour la réalisation des inventaires est placée à l'annexe 10. L'inventaire a aussi été complété lors de la visite effectuée le 1^{er} octobre 2020.

Les activités anthropiques répertoriées dans les aires de protection des puits municipaux exploités se retrouvent aux figures 2A et 2B de l'annexe 1. Elles ont également été compilées sommairement aux tableaux 18 à 24 ci-après. L'évaluation du potentiel de risque des activités qui rejettent, ou qui sont susceptibles de rejeter des contaminants pouvant affecter les eaux exploitées, a été réalisés selon la méthodologie établie par le MELCC et décrite dans le Guide. L'inventaire exhaustif des activités anthropiques, comprenant l'évaluation des menaces qu'elle représente, se trouve aux tableaux A4-2 en annexe 8 du présent rapport et varie de très faible à élevé.

Tableau 18 - Inventaire des activités anthropiques - Puits P-1 et P-3

Activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Circulation routière (rue de l'Église)	Circulation de véhicules et utilisation probable de sels de voirie et/ou abras	Intermédiaire	Sels de voirie et abrasifs	Moyen
		Éloignée		Faible
Réseau d'égouts municipal	Fuites probables dans les conduites d'égouts	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Élevé
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
Ligne de transport d'électricité	Entretien sous les tours avec utilisation possible de pesticides	Éloignée	Pesticides	Faible
Industrie	Usine de fabrication de matelas	Éloignée	Hydrocarbures et substances organiques et inorganiques	Faible
	Usine de fabrication de produits du tabac			
Champs en culture	Entreposage et épandage probables de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Élevé
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen



Activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Terrain de pâturage et de pacage	Entreposage et épandage probables de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Élevé
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen

Tableau 19 - Inventaire des activités anthropiques - Puits P-4

Activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Ligne de transport d'électricité	Entretien sous les tours avec utilisation possible de pesticides	Intermédiaire	Pesticides	Moyen
		Éloignée		Faible
Champs en culture	Entreposage et épandage probables de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Élevé
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen

Tableau 20 - Inventaire des activités anthropiques - Puits P-6

Activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Ligne de transport d'électricité	Entretien sous les tours avec utilisation possible de pesticides	Éloignée	Pesticides	Faible
Champs en culture	Entreposage et épandage probables de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Élevé

Tableau 21 - Inventaire des activités anthropiques - Puits P-10

Activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Ligne de transport d'électricité	Entretien sous les tours avec utilisation possible de pesticides	Éloignée	Pesticides	Très faible



Activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Champs en culture	Entreposage et épandage probables de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Faible

Tableau 22 - Inventaire des activités anthropiques - Puits P-12

Activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Ligne de transport d'électricité	Entretien sous les tours avec utilisation possible de pesticides	Éloignée	Pesticides	Faible

Tableau 23 - Inventaire des activités anthropiques - Puits P-13

Activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Circulation routière (rue du Collège, rue Louis, rue Trudel, rue Cossette, rue Jean, rue Cécile Vézina, rue Philippe-Baril, rue Flore-Trudel, route du Moulin)	Circulation de véhicules et utilisation probable de sels de voirie et/ou abrasifs	Éloignée	Sels de voirie et abrasifs	Très faible
Circulation routière (rue de l'Église)				Faible
Circulation routière (route 352)				Moyen
Réseau d'égouts municipal	Fuites probables dans les conduites d'égouts	Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
Ligne de transport d'électricité	Entretien sous les tours avec utilisation possible de pesticides	Éloignée	Pesticides	Faible
Gazoduc	Ligne de transmission d'Énergir	Éloignée	Substances organiques et inorganiques	Faible



Activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Cimetière	Utilisation probable de produits chimiques et enfouissement de bois traité	Éloignée	Substances organiques et inorganiques	Moyen
Terrain des loisirs	Entretien des surfaces gazonnées et utilisation probable de pesticides	Éloignée	Pesticides	Faible
Champs en culture	Entreposage et épandage probables de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen

Tableau 24 - Inventaire des activités anthropiques - Puits P-14

Activité anthropique	Description de l'activité anthropique	Aire de protection	Contaminant ou groupe de contaminants considéré	Potentiel de risque obtenu
Circulation routière (2e Rang)	Circulation de véhicules et utilisation probable de sels de voirie et/ou abrasifs	Éloignée	Sels de voirie et abrasifs	Faible
Circulation routière (route 352)				Moyen
Ligne de transport d'électricité	Entretien sous les tours avec utilisation possible de pesticides	Immédiate	Pesticides	Moyen
		Intermédiaire		Faible
Réseau d'égouts municipal	Fuites probables dans les conduites d'égouts	Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
Gazoduc	Ligne de transmission d'Énergir	Éloignée	Substances organiques et inorganiques	Faible
Champs en culture	Entreposage et épandage de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides probables	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
Élevage de bovins laitiers		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen



Les terrains sportifs et les lignes de haute tension qui nécessitent un entretien obtiennent un potentiel de risque moyen dans l'aire de protection immédiate, de faible dans l'aire intermédiaire et de très faible dans l'aire éloignée.

La présence d'un gazoduc dans l'aire éloignée des puits P-13 et P-14 correspond à la dernière catégorie d'activités anthropiques répertoriées. Le gazoduc obtient un potentiel de risque faible considérant que la fréquence de libération des contaminants (substances inorganiques et organiques) est évaluée à occasionnelle.

Bien que non mentionnés dans les tableaux 18 à 24 ci-dessus ou dans les tableaux A4-2 de l'annexe 8, trois piézomètres et un ancien puits (P-2) sont aménagés dans les différentes aires de protection des puits municipaux. Leur localisation est indiquée sur les figures 2A et 2B à l'annexe 1. Ces ouvrages ont été mis en place dans le cadre des travaux de recherche en eau, ils sont donc en contact direct avec l'eau souterraine et constituent une voie préférentielle potentielle pour l'infiltration de contaminants dans l'aquifère. Par conséquent, il est très important que ces derniers demeurent en bon état et étanches. Tout piézomètre devrait être muni d'un couvercle sécuritaire (cadenassé), résistant aux intempéries, aux contaminants et à la vermine. Il est également important de surveiller régulièrement l'état de ces infrastructures puisque le bris d'un des piézomètres pourrait avoir un impact négatif sur la qualité de l'eau souterraine exploitée. De plus, quinze puits du Système d'information hydrogéologique du Québec (SIH) ont été répertoriés dans les différentes aires de protection des puits.

3.2 Inventaire des événements potentiels et évaluation des menaces qu'ils représentent

Les événements identifiés ont été compilés aux tableaux 25 à 31 ci-après et présentés aux figures 2A et 2B de l'annexe 1. Tout comme pour l'inventaire des activités anthropiques, l'évaluation du potentiel de risque des événements potentiels, pouvant survenir sur le territoire à l'étude, a été réalisée selon la méthodologie établie par le MELCC et décrite dans le Guide. L'inventaire exhaustif des événements potentiels comprenant l'évaluation des menaces qu'elles représentent se trouve aux tableaux A4-3 de l'annexe 8 du présent rapport et varie de très faible à moyen.

Tableau 25 - Inventaire des événements potentiels des puits P-1 et P-3

Évènement potentiel	Activité associée à l'évènement potentiel	Aire de protection	Contaminants ou groupe de contaminants considérés	Potentiel de risque obtenu
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Circulation routière (chemin d'accès au puits)	Immédiate	Hydrocarbures pétroliers	Moyen
		Intermédiaire		Faible
		Éloignée		Très faible
Déversement d'hydrocarbures pétroliers et autres substances transportées	Circulation routière (rue de l'Église)	Intermédiaire	Hydrocarbures pétroliers et autres substances transportées	Moyen
		Éloignée		Faible



Évènement potentiel	Activité associée à l'évènement potentiel	Aire de protection	Contaminants ou groupe de contaminants considérés	Potentiel de risque obtenu
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Sentier de quads	Intermédiaire	Hydrocarbures pétroliers	Faible
		Éloignée		Très faible
	Sentier de motoneiges	Éloignée		Très faible
Déversement de produits de traitement (mauvaise manipulation, mauvais dosage, etc.)	Station de traitement de l'eau	Intermédiaire	Hypochlorite de sodium	Très faible
Déversement de pesticides	Ligne de transport d'électricité	Éloignée	Pesticides	Très faible
Déversement d'hydrocarbures pétroliers et autres substances diverses	Usine de fabrication de matelas. Utilisation et entreposage probable de produits pétroliers et de produits chimiques	Éloignée	Hydrocarbures et substances organiques et inorganiques	Très faible
	Usine de fabrication de produits du tabac. Utilisation et entreposage probable de produits pétroliers et de produits chimiques			
Champs en culture (déversement ou ruissellement de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides)	Entreposage et épandage de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides probables	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Faible
Terrain de pâturage et de pacage (déversement ou ruissellement de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides)		Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Faible
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Utilisation probable de machinerie lourde	Intermédiaire	Hydrocarbures pétroliers	Faible
		Éloignée		Très faible
Feu de forêt	Présence de forêts	Immédiate	Substances organiques et inorganiques	Moyen
		Intermédiaire		Faible
		Éloignée		Très faible



Tableau 26 - Inventaire des évènements potentiels du puits P-4

Évènement potentiel	Activité associée à l'évènement potentiel	Aire de protection	Contaminants ou groupe de contaminants considérés	Potentiel de risque obtenu
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Circulation routière (chemin d'accès au puits)	Intermédiaire	Hydrocarbures pétroliers	Faible
		Éloignée		Très faible
	Sentier de quads	Intermédiaire	Hydrocarbures pétroliers	Faible
		Éloignée		Très faible
	Sentier de motoneiges	Intermédiaire		Faible
		Éloignée		Très faible
Déversement de pesticides	Ligne de transport d'électricité	Intermédiaire	Pesticides	Faible
		Éloignée		Très faible
Champs en culture (déversement ou ruissellement de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides)	Entreposage et épandage de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides probables	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Faible
Déversement accidentel d'hydrocarbures pétroliers	Transformation et production de produits de l'érabler et circulation probable de véhicules motorisés	Éloignée	Hydrocarbures pétroliers	Très faible
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Utilisation probable de machinerie lourde	Intermédiaire	Hydrocarbures pétroliers	Faible
		Éloignée		Très faible
Feu de forêt	Présence de forêts	Immédiate	Substances organiques et inorganiques	Moyen
		Intermédiaire		Faible
		Éloignée		Très faible

Tableau 27- Inventaire des évènements potentiels du puits P-6

Évènement potentiel	Activité associée à l'évènement potentiel	Aire de protection	Contaminants ou groupe de contaminants considérés	Potentiel de risque obtenu
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Circulation routière (chemin d'accès au puits)	Immédiate	Hydrocarbures pétroliers	Moyen
		Intermédiaire		Faible
		Éloignée		Très faible
Déversement de pesticides	Ligne de transport d'électricité	Éloignée	Pesticides	Très faible



Évènement potentiel	Activité associée à l'évènement potentiel	Aire de protection	Contaminants ou groupe de contaminants considérés	Potentiel de risque obtenu
Champs en culture (déversement ou ruissellement de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides)	Entreposage et épandage de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides probables	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Moyen
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Utilisation probable de machinerie lourde	Intermédiaire	Hydrocarbures pétroliers	Faible
Feu de forêt	Présence de forêts	Immédiate	Substances organiques et inorganiques	Moyen
		Intermédiaire		Faible
		Éloignée		Très faible

Tableau 28 - Inventaire des évènements potentiels du puits P-10

Évènement potentiel	Activité associée à l'évènement potentiel	Aire de protection	Contaminants ou groupe de contaminants considérés	Potentiel de risque obtenu
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Circulation routière (Chemin d'accès au puits)	Immédiate	Hydrocarbures pétroliers	Faible
		Intermédiaire		Très faible
		Éloignée		Très faible
Déversement de pesticides	Ligne de transport d'électricité	Éloignée	Pesticides	Très faible
Champs en culture (déversement ou ruissellement de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides)	Entreposage et épandage de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides probables	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Faible
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Très faible
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Utilisation probable de machinerie lourde	Intermédiaire	Hydrocarbures pétroliers	Faible
	Sentiers de motoneiges	Éloignée		Très faible
Feu de forêt	Présence de forêts	Immédiate	Substances organiques et inorganiques	Faible
		Intermédiaire		Très faible
		Éloignée		Très faible



Tableau 29 - Inventaire des événements potentiels du puits P-12

Évènement potentiel	Activité associée à l'évènement potentiel	Aire de protection	Contaminants ou groupe de contaminants considérés	Potentiel de risque obtenu
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Circulation routière (chemin d'accès au puits)	Immédiate	Hydrocarbures pétroliers	Moyen
		Intermédiaire		Faible
		Éloignée		Très faible
Déversement de pesticides	Ligne de transport d'électricité	Éloignée	Pesticides	Très faible
Feu de forêt	Présence de forêts	Immédiate	Substances organiques et inorganiques	Moyen
		Intermédiaire		Faible
		Éloignée		Très faible

Tableau 30 - Inventaire des événements potentiels du puits P-13

Évènement potentiel	Activité associée à l'évènement potentiel	Aire de protection	Contaminants ou groupe de contaminants considérés	Potentiel de risque obtenu
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Circulation routière (chemin d'accès au puits)	Immédiate	Hydrocarbures pétroliers	Faible
		Intermédiaire		Très faible
		Éloignée		Très faible
Déversement d'hydrocarbures pétroliers et autres substances transportées	Circulation routière (rue du Collège, rue Louis, rue Trudel, rue Cossette, rue Jean, rue Cécile Vézina, rue Philippe-Baril, rue Flore-Trudel, route du Moulin)	Éloignée	Hydrocarbures pétroliers et autres substances transportées	Faible
	Circulation routière (rue de l'Église)			Faible
	Circulation routière (route 352)			Faible
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Circulation de quads	Éloignée	Hydrocarbures pétroliers	Très faible
Déversement de produits de traitement (mauvaise manipulation, mauvais dosage, etc.)	Station de traitement de l'eau	Éloignée	Hypochlorite de sodium	Très faible
Déversement de pesticides	Ligne de transport d'électricité	Éloignée	Pesticides	Très faible



Évènement potentiel	Activité associée à l'évènement potentiel	Aire de protection	Contaminants ou groupe de contaminants considérés	Potentiel de risque obtenu
Champs en culture (déversement ou ruissellement de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides)	Entreposage et épandage de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides probables	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Faible
		Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Faible
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Utilisation probable de machinerie lourde	Intermédiaire	Hydrocarbures pétroliers	Très faible
		Éloignée		Très faible
Feu de forêt	Présence de forêts	Immédiate	Substances organiques et inorganiques	Faible
		Intermédiaire		Très faible

Tableau 31 - Inventaire des évènements potentiels du puits P-14

Évènement potentiel	Activité associée à l'évènement potentiel	Aire de protection	Contaminants ou groupe de contaminants considérés	Potentiel de risque obtenu
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Circulation routière (chemin d'accès au puits)	Immédiate	Hydrocarbures pétroliers	Faible
		Intermédiaire		Très faible
Déversement d'hydrocarbures pétroliers et autres substances transportées	Circulation routière (rue Notre-Dame)	Éloignée	Hydrocarbures pétroliers et autres substances transportées	Faible
	Circulation routière (route 352)			
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Circulation de motoneiges	Éloignée	Hydrocarbures pétroliers	Très faible
Déversement de produits de traitement (mauvaise manipulation, mauvais dosage, etc.)	Station de traitement de l'eau	Immédiate	Hypochlorite de sodium	Très faible
Déversement de pesticides	Ligne de transport d'électricité	Immédiate	Pesticides	Faible
		Intermédiaire		Très faible
Champs en culture (déversement ou ruissellement de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides)	Entreposage et épandage de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides probables	Intermédiaire	Microorganismes, nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Faible



Évènement potentiel	Activité associée à l'évènement potentiel	Aire de protection	Contaminants ou groupe de contaminants considérés	Potentiel de risque obtenu
Champs en culture (déversement ou ruissellement de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides)	Entreposage et épandage de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides probables	Éloignée	Nitrites/nitrates et autres substances organiques et inorganiques	Faible
Élevage de bovins de boucherie (déversement ou ruissellement de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides)				
Terrain de pâturage et de pacage (déversement ou ruissellement de fumier, d'engrais minéraux et de pesticides)				
Déversement d'hydrocarbures pétroliers	Utilisation probable de machinerie lourde	Intermédiaire	Hydrocarbures pétroliers	Très faible
		Éloignée		Très faible
Feu de forêt	Présence de forêts	Intermédiaire	Substances organiques et inorganiques	Très faible

Plusieurs évènements de déversements d'hydrocarbures pétroliers sont possibles. Le potentiel de risque varie selon la localisation de l'évènement potentiel par rapport aux aires de protection, selon l'importance potentielle du déversement et selon sa probabilité. Étant donné sa localisation, la portion des routes d'accès aux puits municipaux située dans l'aire de protection immédiate présente le potentiel de risque le plus élevé (moyen). La portion de ces routes située dans les aires de protection intermédiaires présente pour sa part un potentiel de risque faible, alors que celle dans l'aire éloignée est de très faible. En ce qui concerne les autres routes, le potentiel de risque attribué est faible pour les artères principales, les rues locales de Saint-Narcisse et la route 352 tandis qu'il est moyen pour la rue de l'Église dans l'aire intermédiaire. Il est aussi probable qu'un déversement d'hydrocarbures ait lieu dans les sentiers de motoneiges ou de quads localisés dans les aires de protection intermédiaire et éloignée. Cet évènement obtient un potentiel de risque faible ou très faible puisqu'il est peu probable. Il est à noter que toutes autres substances transportées par ces différentes routes sont susceptibles d'être déversées et de contaminer les sources d'eau. La gravité associée à un tel évènement dépend notamment de la nature de la substance déversée et de l'envergure du déversement.



Les activités qu'engendrent les industries permises dans les zones dans le règlement de zonage de Saint-Narcisse sont essentiellement toutes à risque. Les contaminants possibles comprennent les hydrocarbures pétroliers et les substances inorganiques et les substances organiques. Les activités permises par le groupe Public et communautaire peuvent aussi représenter un risque, principalement par l'entretien des parcs et la présence d'un cimetière.

Bref, le règlement de zonage actuel permet certaines activités, agricoles en particulier, représentant un risque pour l'eau souterraine exploitée par la municipalité de Saint-Narcisse lorsqu'elles recoupent les aires de protection des puits municipaux puisque plusieurs activités susceptibles d'émettre des contaminants en continu et en grande quantité y sont autorisées. Ainsi, le présent exercice montre que les sites de prélèvement sont vulnérables aux activités permises dans le règlement de zonage.

4.0 IDENTIFICATION DES PROBLÈMES AVÉRÉS ET DES CAUSES PROBABLES

L'identification des problèmes affectant ou ayant affecté la qualité ou la quantité des eaux exploitées a été réalisée à partir de la revue des études hydrogéologiques disponibles, des résultats d'analyses de laboratoire de 2014 à 2018 pour le suivi périodique exigé en vertu de l'article 14 du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (RQEP), des bilans annuels de la qualité de l'eau potable des années 2013 à 2019 (sauf 2017), des formulaires de déclaration de prélèvement d'eau des années 2014 à 2019 ainsi qu'à partir des autres informations verbales transmises par la municipalité.

Le principal problème avéré concerne les carences en eau répétées survenues par le passé. La faible performance des anciens captages et un accroissement de la demande sont à l'origine de ce problème. La situation a été rétablie à la suite des travaux de recherche en eau, de réhabilitation, de reconstruction et d'aménagement de nouveaux puits réalisés depuis plus de 30 ans.

Conformément à l'article 14 du RQEP, la municipalité évalue régulièrement la qualité chimique de l'eau distribuée. À la suite de la revue des résultats disponibles, aucun autre problème significatif n'a été identifié. Toutefois, des concentrations en arsenic, fluorure et mercure se situant entre 20 et 50 % de la norme ont été mesurées dans l'eau distribuée. Pour l'arsenic et le mercure, seule la concentration mesurée en 2014 se situe entre 20 et 50 % de la norme, soit à 27 % pour l'arsenic et 28 % pour le mercure. Les autres concentrations mesurées après 2014 se situent en deçà de 20 % de la norme. Pour le fluorure, les concentrations de 2014 à 2018 se situent toutes entre 20 et 50 % de la norme. Dans ce contexte, même si les concentrations obtenues sont inférieures aux normes permises, une attention particulière devrait être portée pour ce paramètre dans le futur. Il est recommandé de procéder à un suivi trimestriel des concentrations en fluorures durant au moins trois ans afin de détecter toute tendance à la hausse et d'évaluer si la présence de cet élément peut entraîner des problèmes à long terme. Ce type de suivi favorise aussi une prise de décision afin d'obtenir, si nécessaire, un meilleur plan d'intervention. Dans le cas présent, la présence de cet élément dans l'eau semble être associée à une source naturelle.



De plus, selon un registre tenu par la municipalité, depuis 2015, quelques évènements affectant la quantité de l'eau se sont produits :

- 4 fuites sur le réseau en 2015;
- 2 fuites sur le réseau en 2016;
- 2 fuites sur le réseau et un incendie majeur en 2017;
- 2 fuites sur le réseau et un incendie majeur en 2018;
- 4 fuites sur le réseau en 2019.

La municipalité de Saint-Narcisse n'étant pas assujettie à l'article 19 du RQEP puisque son réseau d'aqueduc dessert moins de 5 000 personnes, la municipalité ne réalise pas de suivi relativement aux concentrations en pesticides et aux autres substances organiques dans l'eau distribuée. Toutefois, dans le cadre de la réalisation des analyses de vulnérabilité, le MELCC recommande, lorsque l'article 19 du RQEP ne s'applique pas, de réaliser quand même deux suivis ponctuels (printemps et automne) pour évaluer si des pesticides ou autres substances organiques sont présents dans l'eau souterraine (page 23 du Guide). Le niveau de vulnérabilité moyen déterminé pour les aires de protection des puits aménagés dans l'aquifère granulaire (voir la section 2.3) milite en faveur de la mise en œuvre par la municipalité de Saint-Narcisse de cette recommandation du MELCC.

5.0 INFORMATIONS MANQUANTES

Les informations manquantes à la réalisation de cette première analyse de la vulnérabilité de la source pour les prélèvements d'eau souterraine de catégorie 1 de la municipalité de Saint-Narcisse sont les suivantes :

- Numéro et certificat d'autorisation de prélèvement délivrés par le Ministère pour les puits P-1, P-3, P-4, P-6, P-10 et P-13;
- Schéma d'aménagement du puits P-1.

6.0 RECOMMANDATIONS

L'analyse et l'interprétation des informations consultées dans cette première analyse de la vulnérabilité de la source pour les prélèvements d'eau souterraine de catégorie 1 de la municipalité de Saint-Narcisse amènent à faire les recommandations suivantes :

- S'assurer de garder l'accès aux puits municipaux barré en tout temps.
- Ajouter des couvercles sécuritaires (cadenassés), résistant aux intempéries, aux contaminants et à la vermine aux puits qui n'en possède pas déjà un (P-1 et P-10).



- S'assurer que les piézomètres et puits non utilisés demeurent en bon état et étanches.
- Conserver le puits P-7 comme puits d'observation pour l'aquifère de roc.
- Instaurer un programme de gestion d'aquifère incluant un suivi périodique de l'efficacité des puits.
- Compiler les résultats d'analyses des contrôles périodiques dans un fichier Excel afin de faciliter le suivi des paramètres affectant ou ayant affecté la qualité des eaux exploitées.
- Tenir un registre des problèmes de qualité et de quantité d'eau rencontrés ainsi que de ceux touchant l'intégrité physique des installations de prélèvements d'eau.
- Tenir un registre des événements ayant un impact sur les données d'exploitation, tels les lavages de réseau, les fuites, les incendies majeurs, les bris d'équipements, la calibration des appareils, les pluies abondantes.
- Maintenir à jour un registre des activités pratiquées à l'intérieur des aires de protection des puits.
- Aux fins de réalisation de la prochaine analyse de vulnérabilité, effectuer un minimum de deux suivis des pesticides et autres substances organiques mentionnés à l'annexe 2 du RQEP au cours des cinq prochaines années sur l'eau distribuée (recommandé au printemps et à l'automne).
- Procéder à un suivi trimestriel d'une durée minimale de trois ans des concentrations en fluorure dans l'eau distribuée.
- En collaboration avec Akifer, élaborer un plan de mesures d'urgence ainsi qu'un plan de protection pour assurer une eau potable saine aux usagers.

Cadre réglementaire

Disposition générale (RPEP)

- **Article 55.** Indiquer sur les lieux la localisation de l'aire de protection immédiate de tous les puits de manière à assurer sa visibilité en tout temps à tous ses accès, notamment par l'usage d'un panneau indicateur.
- **Article 57.** Transmettre un avis écrit a été transmis au domicile de chacune des propriétés incluses dans les aires de protection intermédiaire des puits informant leurs propriétaires ou leurs occupants de la présence d'un site de prélèvement d'eau souterraine dans leur voisinage.
- **Article 68**
 - Transmettre une copie du présent rapport à la MRC des Chenaux;
 - Transmettre les renseignements suivants à la *Société d'aménagement et de mise en valeur du bassin de la Batiscan (SAMBBA)* :
 1. La localisation des sites de prélèvement et une description de leur aménagement;
 2. Le plan de localisation des aires de protection immédiate, intermédiaire et éloignée;
 3. Les niveaux de vulnérabilité des aires de protection;
 - Les renseignements du précédent alinéa sont à caractères publics. Les ajouter sur le site internet de la municipalité, si une telle publication est possible;
 - Transmettre au ministre, à tous les cinq ans, la mise à jour de la présente étude de vulnérabilité.



Disposition en milieu agricole et en cas de contamination en nitrates-nitrites (RPEP)

Les contraintes à l'intérieur des aires de protection intermédiaire sont fixées en fonction de la vulnérabilité intrinsèque de l'eau souterraine et en cas de contamination en nitrites-nitrates. Puisque le niveau de vulnérabilité de l'eau souterraine à l'intérieur des aires de protection intermédiaire a été évalué de moyen pour les puits P-1, P-3, P-4, P-6 et P-12 et qu'aucune concentration en nitrites-nitrates supérieure à 5 mg/l n'a été mesurée sur le réseau de distribution, les dispositions particulières en milieu agricole suivantes s'appliquent :

- **Article 58.** À moins d'être réalisé à des fins d'entretien domestique ou d'utiliser des boues certifiées conformes aux normes CAN/BNQ 0413-200, CAN/BNQ 0413-400 ou BNQ 419-090, l'épandage et le stockage, à même le sol, de boues provenant d'ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées ou de tout autre système de traitement ou d'accumulation d'eaux usées sanitaires sont interdits dans l'aire de protection intermédiaire virologique des puits.
- **Article 59.** L'aménagement d'une cour d'exercice et le stockage, à même le sol, de déjections animales, de matières fertilisantes azotées, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes non certifiées conformes aux normes CAN/BNQ 0413-200, CAN/BNQ 0413-400 ou BNQ 419-090 sont interdits dans l'aire de protection intermédiaire bactériologique des puits.
- **Article 60.** L'aménagement d'une aire de compostage est interdit dans les premiers 100 mètres de l'aire de protection intermédiaire bactériologique des puits.
- **Article 61.** L'aménagement d'un ouvrage de stockage de déjections animales ou d'un bâtiment d'élevage d'animaux est interdit dans les premiers 100 mètres de l'aire de protection intermédiaire bactériologique des puits. Une pisciculture n'est pas visée par le présent article.
- **Article 62.** L'installation d'une aire de compostage, d'un ouvrage de stockage de déjections animales ou d'un bâtiment d'élevage d'animaux à l'extérieur des premiers 100 mètres de l'aire de protection bactériologique des puits doit être conçue de manière à assurer son étanchéité et son aménagement doit être effectué sous la supervision d'un professionnel. Au surplus, une aire de compostage ou un ouvrage de stockage de déjections animales aménagé dans une telle aire doit faire l'objet d'une évaluation de son étanchéité par un professionnel à tous les 10 ans.
- **Article 63.** Le pâturage et l'épandage de déjections animales, de compost de ferme ou de matières résiduelles fertilisantes non certifiées conformes aux normes CAN/BNQ 0413-200, CAN/BNQ 0413-400 ou BNQ 419-090 sont interdits dans les premiers 100 mètres de l'aire de protection intermédiaire bactériologique des puits, sauf lorsqu'effectués à des fins d'entretien domestique.
- **Article 64.** Le pâturage et l'épandage de déjections animales, de compost de ferme, de matières résiduelles fertilisantes ou de matières fertilisantes azotées doivent être effectués conformément à la recommandation d'un professionnel dans l'aire de protection intermédiaire bactériologique des puits.

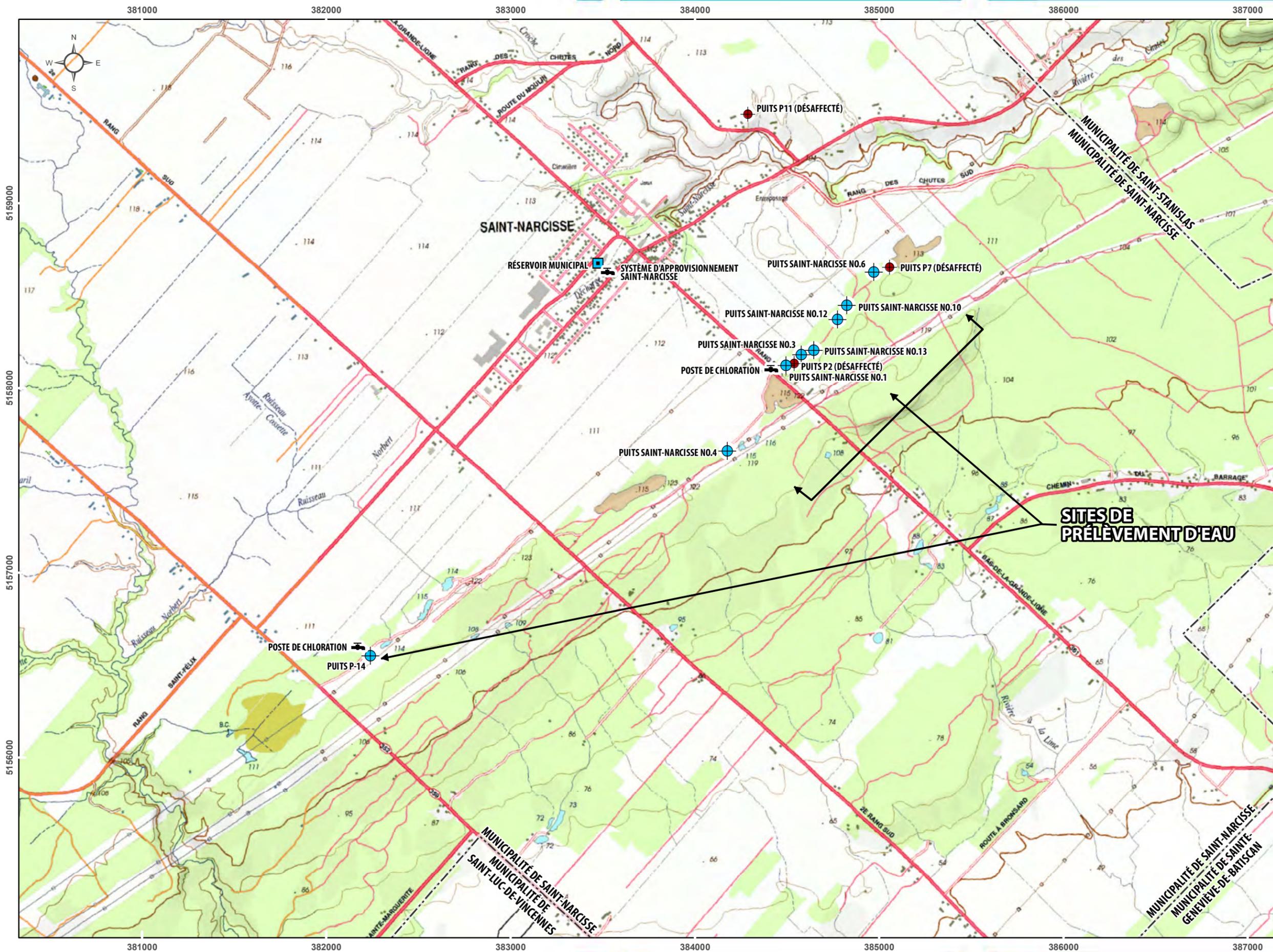


Code de gestion des pesticides

- **Article 15.** L'entreposage d'un pesticide de classes 1, 2 ou 3 est interdit à moins de 100 mètres des puits sauf si l'exploitant du site d'entreposage détient un certificat de conformité délivré par la CropLife Canada avant le 3 avril 2003.
- **Article 35.** La préparation de pesticide est interdite à moins de 100 mètres des puits, sauf pour l'exploitant d'un lieu d'entreposage qui est titulaire d'un certificat de conformité délivré par la CropLife Canada avant le 3 avril 2003.
- **Article 50.** L'application de pesticide est interdite à moins de 100 mètres des puits.

-  Puits municipal
-  Puits municipal désaffecté
-  Installation de production d'eau potable
-  Réservoir municipal
-  Limite municipale

Note: La position et les dimensions des éléments illustrés sur ce plan sont relatives et ne doivent pas être utilisées aux fins de calculs.



CLIENT / **MUNICIPALITÉ DE SAINT-NARCISSE**

PROJET / **ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LES PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE X0009463-9,-10,-11,-12,-13,-14,-15,-16**

TITRE / **FIGURE 1 PLAN DE LOCALISATION**

DOSSIER N° / **19181-101** | ÉCHELLE / **1:20 000** | DATE / **2021-03-30**

VÉRIFIÉ PAR / **G.HUTTON** | DESSINÉ PAR / **D.PLANTE** | APPROUVÉ PAR / **G.CARRIER**

FORMAT / **17X11** | RÉFÉRENCES / **31110-200-102**
31109-200-101 | FICHER / **19181-101-1.mxd**



- INFRASTRUCTURE**
- Puits municipal
 - Puits municipal désaffecté
 - Installation de production d'eau potable
 - Piézomètre
 - Puits de la base de données du SIH
 - Sentier de quad / motoneige
- HYDROGRAPHIE**
- Cours d'eau intermittent (avec sens d'écoulement)
 - Cours d'eau permanent (avec sens d'écoulement)
 - Rivière, lac et étang (avec sens d'écoulement le cas échéant)
- AIRES DE PROTECTION DU SITE DE PRÉLÈVEMENT D'EAU**
- Aire de protection immédiate
 - Aire de protection intermédiaire bactériologique
 - Aire de protection intermédiaire virologique
 - Aire de protection éloignée
- ZONE DE CONTRAINTE NATURELLE ***
- Zone inondable
 - Érosion / Glissement de terrain
- ZONE DE CONTRAINTE ANTHROPIQUE ***
- Agricole (ex: élevage, culture)
 - Forestière (ex: exploitation, épandage)
 - Transport (ex: route, aéroport, pipeline, réseau électrique)
 - Résidentielle (ex: installation septique individuelle)
 - Industrielle (ex: entreposage, effluent)
 - Commerciale (ex: station-service, garage mécanique)
 - Infrastructure (ex: barrage, station de pompage)
 - Rejets (ex: égouts, usine de traitement, ouvrage de surverse)
 - Énergie (ex: éolienne, barrage électrique)
 - Extraction (ex: carrière, sablière, mine, dynamitage)
 - Disposition de matières diverses (ex: déchets, neige)
 - Terrain contaminé (ex: hydrocarbures, BPC)
 - Villégiature (ex: golf, marina, terrain de camping)
 - Base militaire
 - Cimetière
- ÉVALUATION DU POTENTIEL DE RISQUE**
- Très faible
 - Faible
 - Moyen
 - Élevé
 - Très élevé
- * Les informations sont relatives aux tableaux de la section "Éléments susceptibles d'affecter la qualité ou la quantité des eaux exploitées" du rapport

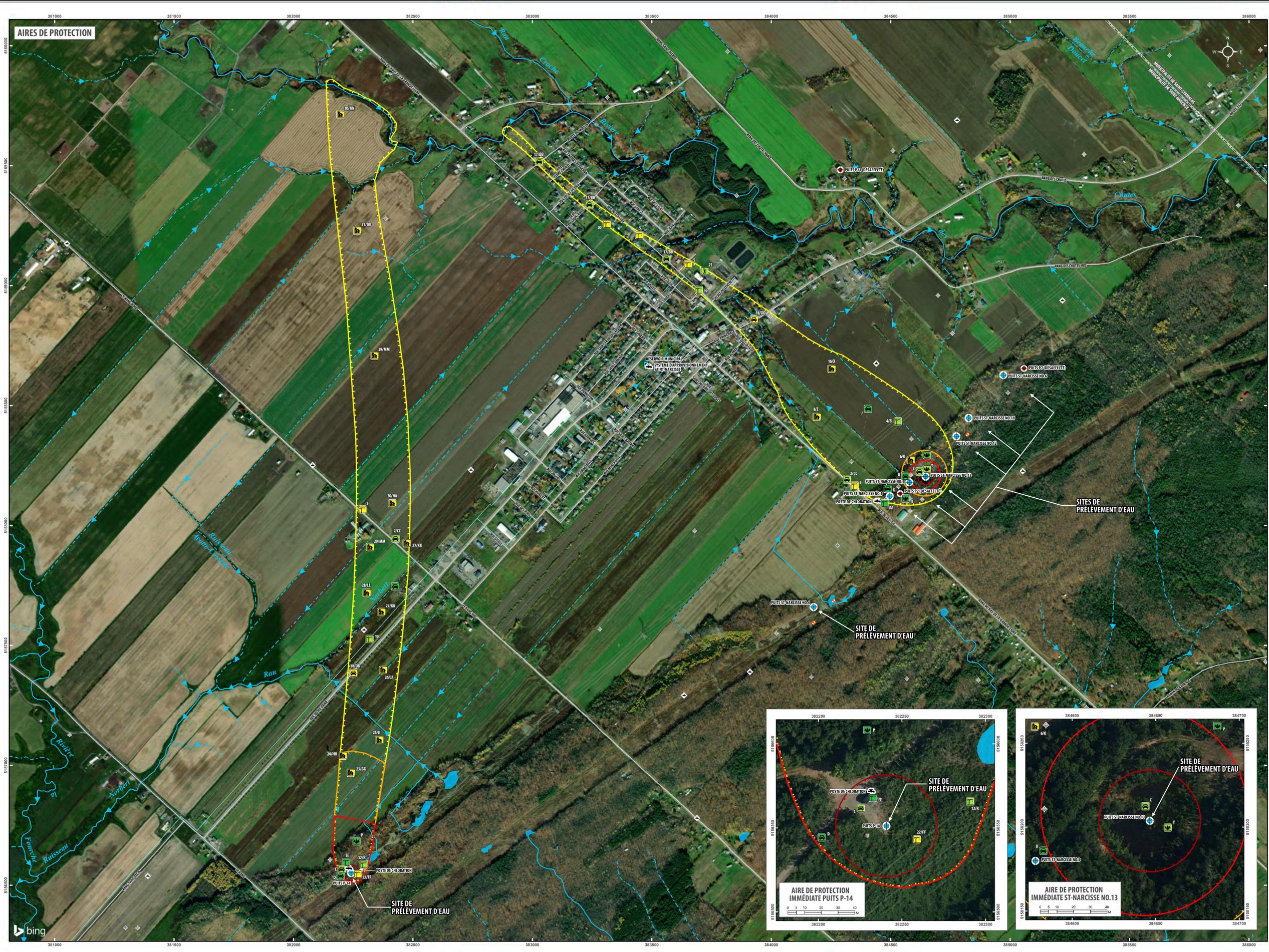
La position et les dimensions des éléments illustrés sur ce plan sont relatives et ne doivent pas être utilisées aux fins de calculs.

0 25 50 100 150 200 mètres

Projection MTM Fuseau 8
Système de référence nord-américain de 1983

Cette carte ne peut être reproduite, en totalité ou en partie, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit - géographique, mécanique ou électronique - sans l'autorisation d'Alberca © Alberca

CLIENT /	MUNICIPALITÉ DE SAINT-NARCISSE	
PROJET /	ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LES PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINES X0009463-9,-10,-11,-12,-13,-14,-15,-16	
TITRE /	FIGURE 2A AIRES DE PROTECTION ET INVENTAIRES (AQUIFÈRE GRANULAIRE)	
DOSSIER N° /	ÉCHELLE /	DATE /
19181-101	1:2 500	2021-03-30
VÉRIFIÉ PAR /	DESSINÉ PAR /	APPROUVÉ PAR /
G. HUTTON	D. PLANTE	G. CARRIER
FORMAT /	RÉFÉRENCES /	FICHIER /
36X24	IMAGERIE BING MAP	19181-101-2A.mxd



- INFRASTRUCTURE**
- Puits municipal
 - Puits municipal désaffecté
 - Installation de production d'eau potable
 - Piézomètre
 - Puits de la base de données du SIH
 - Réseau gazier
 - Sentier de quad / motoneige
- FRONTIÈRE**
- Limite municipale
- HYDROGRAPHIE**
- Cours d'eau intermittent (avec sens d'écoulement)
 - Cours d'eau permanent (avec sens d'écoulement)
 - Rivière, lac et étang (avec sens d'écoulement le cas échéant)
- AIRES DE PROTECTION DU SITE DE PRÉLÈVEMENT D'EAU**
- Aire de protection immédiate
 - Aire de protection intermédiaire bactériologique
 - Aire de protection intermédiaire virologique
 - Aire de protection éloignée
- ZONE DE CONTRAINTES NATURELLE ***
- Zone inondable
 - Erosion / Glissement de terrain
- ZONE DE CONTRAINTES ANTHROPIQUE ***
- Agricole (ex: élevage, culture)
 - Forestière (ex: exploitation, épandage)
 - Transport (ex: route, aéroport, pipeline, réseau électrique)
 - Résidentielle (ex: installation septique individuelle)
 - Industrielle (ex: entreposage, effluent)
 - Commerciale (ex: station-service, garage mécanique)
 - Infrastructure (ex: barrage, station de pompage)
 - Rejets (ex: égouts, usine de traitement, ouvrage de surverse)
 - Énergie (ex: éolienne, barrage électrique)
 - Extraction (ex: carrière, sablière, mine, dynamitage)
 - Disposition de matières diverses (ex: déchets, neige)
 - Terrain contaminé (ex: hydrocarbures, BPC)
 - Villégiature (ex: golf, marina, terrain de camping)
 - Base militaire
 - Cimetière
- ÉVALUATION DU POTENTIEL DE RISQUE**
- Très faible
 - Faible
 - Moyen
 - Élevé
 - Très élevé
- * Les informations sont relatives aux tableaux de la section "Éléments susceptibles d'affecter la qualité ou la quantité des eaux exploitées" du rapport

La position et les dimensions des éléments illustrés sur ce plan sont relatives et ne doivent pas être utilisées aux fins de calculs.



Cette carte ne peut être reproduite, ni totale ou en partie, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit : graphique, mécanique ou électronique - sans l'autorisation d'Alkifer © Alkifer

CLIENT / MUNICIPALITÉ DE SAINT-NARCISSE

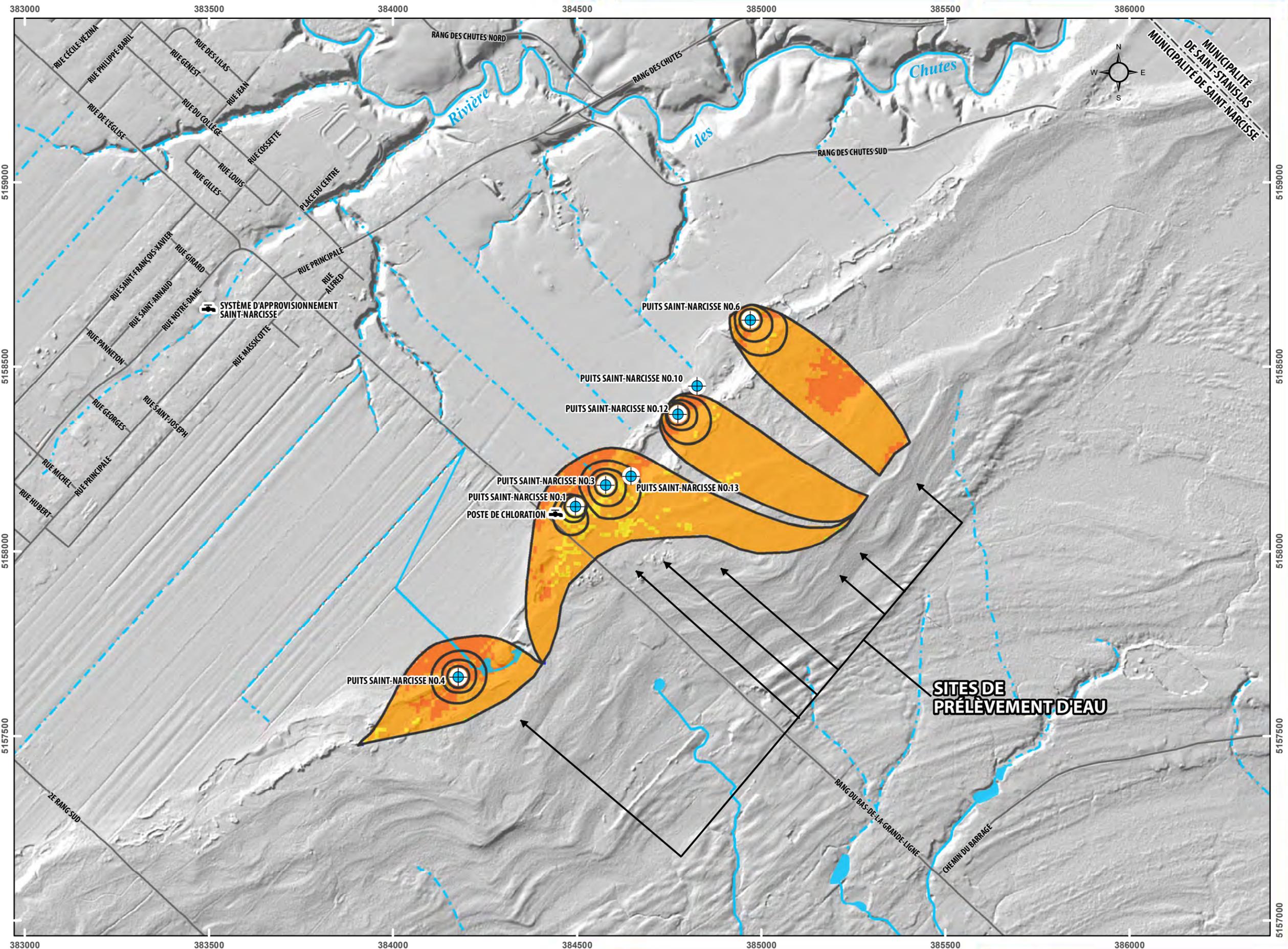
PROJET / ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LES PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINES X0009463-9,-10,-11,-12,-13,-14,-15,-16

TITRE / FIGURE 2B AIRES DE PROTECTION ET INVENTAIRES (AQUIFÈRE DE ROC)

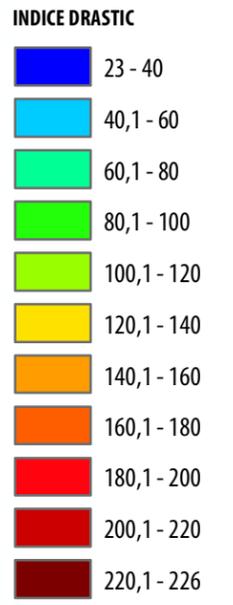
DOSSIER N° / 19181-101 | ÉCHELLE / 1:7 000 | DATE / 2021-03-30

VÉRIFIÉ PAR / G. HUTTON | Dessiné PAR / D. PLANTE | Approuvé PAR / G. CARRIER

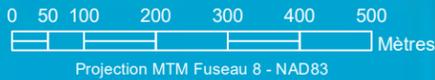
FORMAT / 36X24 | RÉFÉRENCE(S) / IMAGERIE BING MAP | FICHER / 19181-101-2B.mxd



- Puits municipal
- Installation de production d'eau potable
- Aires de protection



Note: La position et les dimensions des éléments illustrés sur ce plan sont relatives et ne doivent pas être utilisées aux fins de calculs.

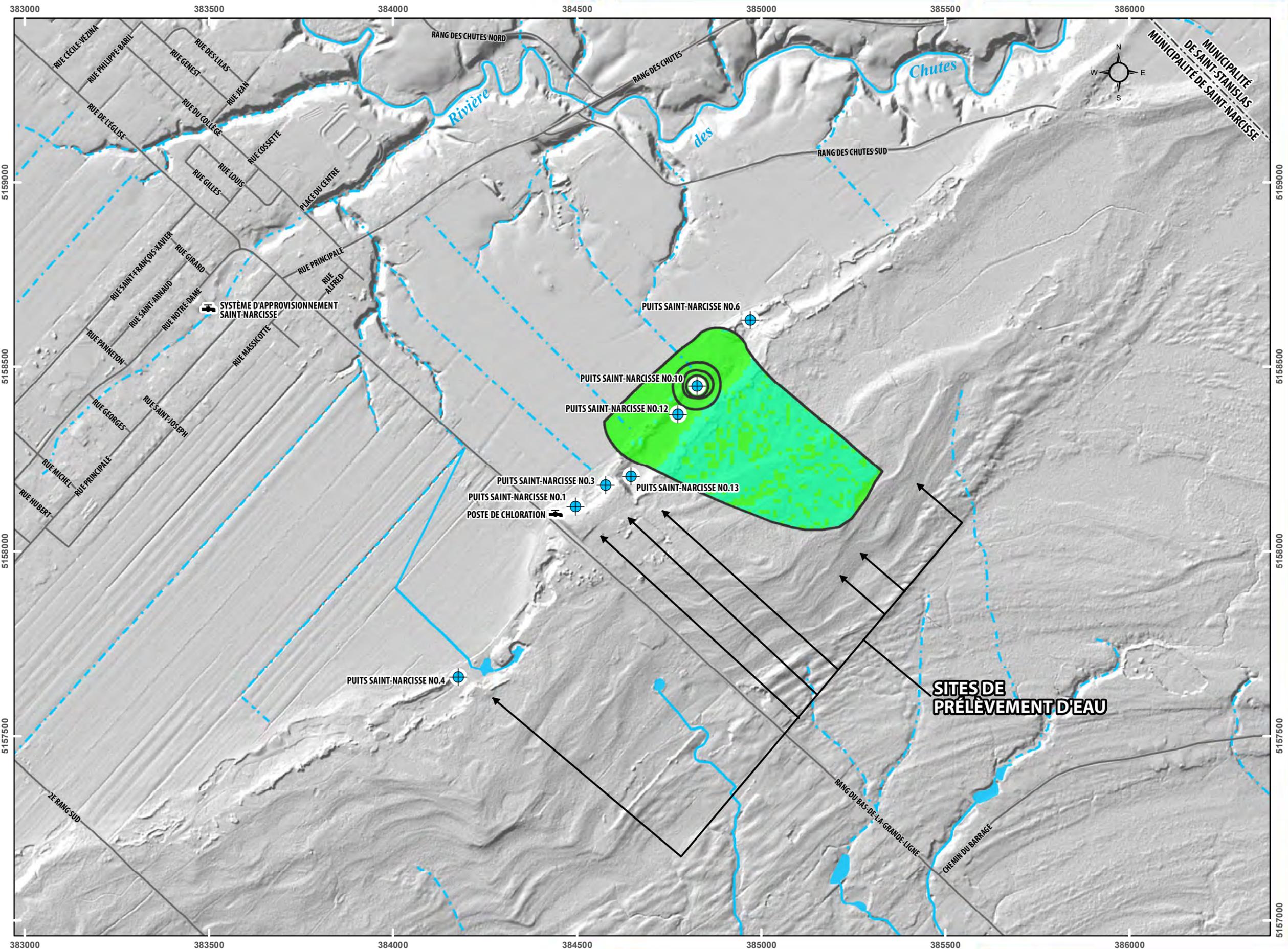


CLIENT / **MUNICIPALITÉ DE SAINT-NARCISSE**

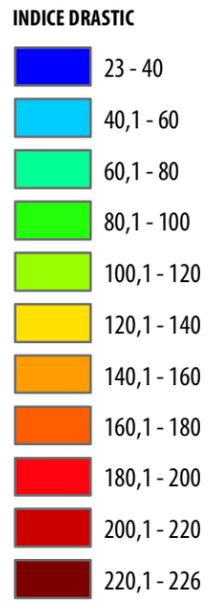
PROJET / ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LES PRÉLEVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE X0009463-9,-10,-11,-12,-13,-14,-15,-16

TITRE / **FIGURE 3A DISTRIBUTION SPATIALE DE L'INDICE DE VULNÉRABILITÉ DRASTIC (AQUIFÈRE GRANULAIRE LIBRE)**

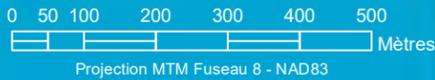
DOSSIER N° / 19181-101	ÉCHELLE / 1:10 000	DATE / 2021-03-30
VÉRIFIÉ PAR / G.HUTTON	DESSINÉ PAR / D.PLANTE	APPROUVÉ PAR / G.CARRIER
FORMAT / 17X11	RÉFÉRENCES(S) / DONNÉES LIDAR MELCC	FICHER / 19181-101-3A.mxd



- Puits municipal
- Installation de production d'eau potable
- Aires de protection



Note: La position et les dimensions des éléments illustrés sur ce plan sont relatives et ne doivent pas être utilisées aux fins de calculs.



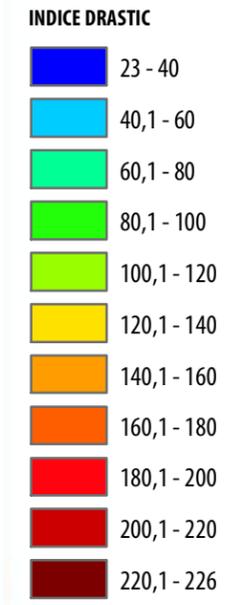
CLIENT / **MUNICIPALITÉ DE SAINT-NARCISSE**

PROJET / ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LES PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE X0009463-9,-10,-11,-12,-13,-14,-15,-16

TITRE / **FIGURE 3B DISTRIBUTION SPATIALE DE L'INDICE DE VULNÉRABILITÉ DRASTIC (AQUIFÈRE GRANULAIRE CAPTIF)**

DOSSIER N° / 19181-101	ÉCHELLE / 1:10 000	DATE / 2021-03-30
VÉRIFIÉ PAR / G.HUTTON	DESSINÉ PAR / D.PLANTE	APPROUVÉ PAR / G.CARRIER
FORMAT / 17X11	RÉFÉRENCES / DONNÉES LIDAR MELCC	FICHER / 19181-101-3B.mxd

- Puits municipal
- Installation de production d'eau potable
- Aires de protection



Note: La position et les dimensions des éléments illustrés sur ce plan sont relatives et ne doivent pas être utilisées aux fins de calculs.



CLIENT / **MUNICIPALITÉ DE SAINT-NARCISSE**

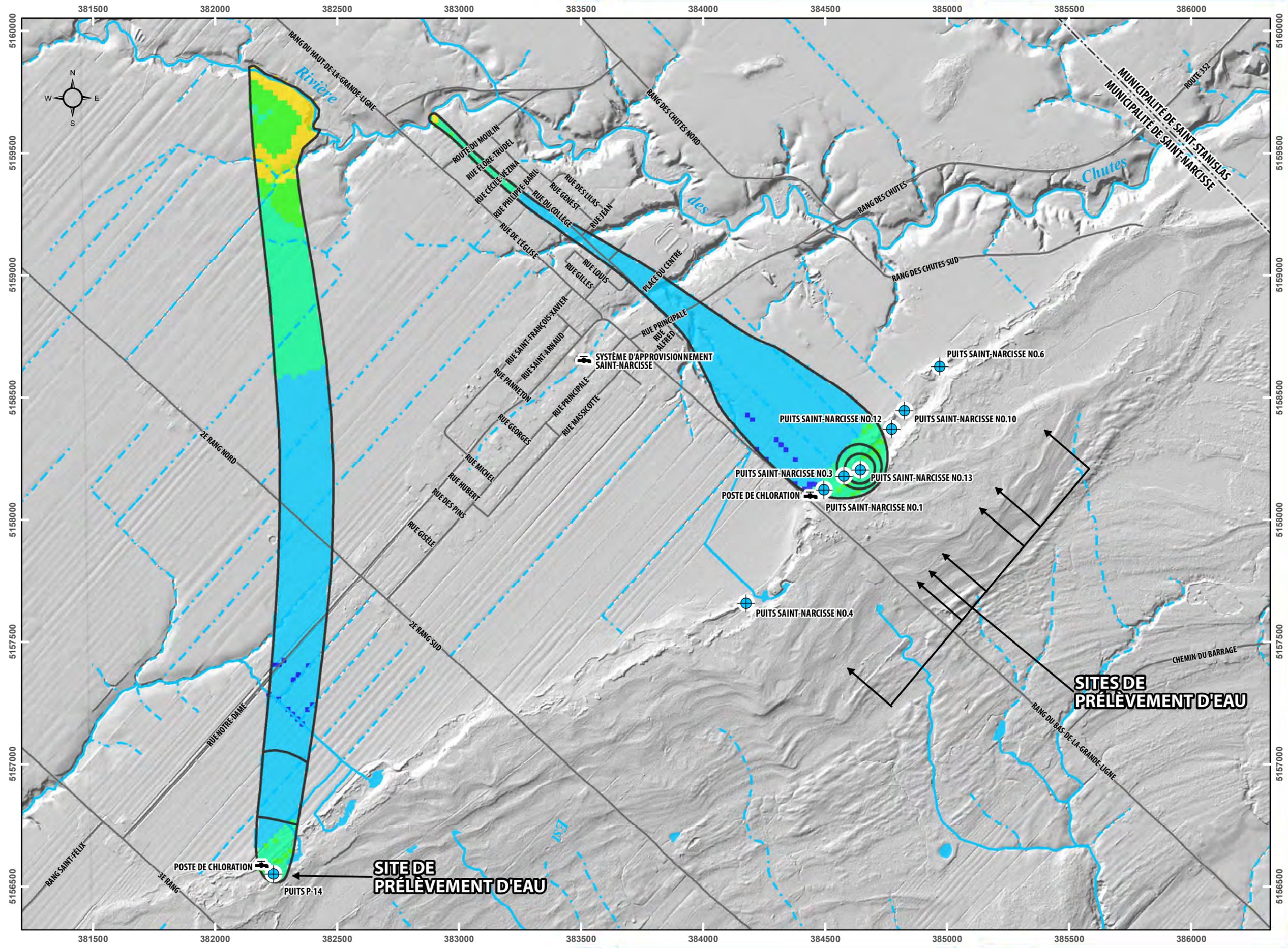
PROJET / ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LES PRÉLEVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE X0009463-9,-10,-11,-12,-13,-14,-15,-16

TITRE / **FIGURE 3C DISTRIBUTION SPATIALE DE L'INDICE DE VULNÉRABILITÉ DRASTIC (AQUIFÈRE DE ROC)**

DOSSIER N° / 19181-101	ÉCHELLE / 1:15 000	DATE / 2021-03-30
------------------------	--------------------	-------------------

VÉRIFIÉ PAR / G.HUTTON	DESSINÉ PAR / D.PLANTE	APPROUVÉ PAR / G.CARRIER
------------------------	------------------------	--------------------------

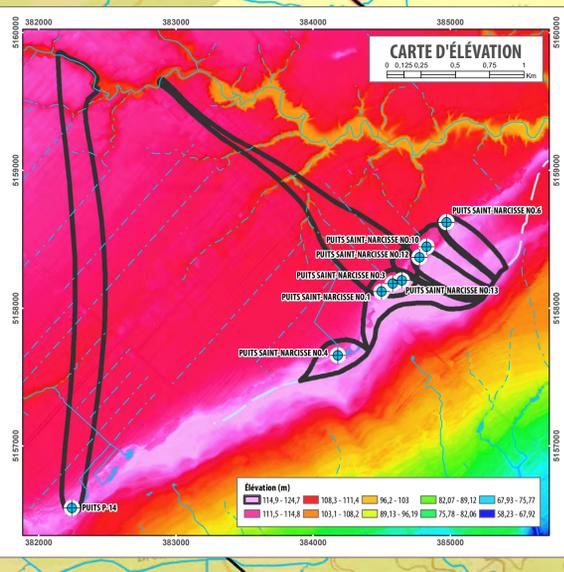
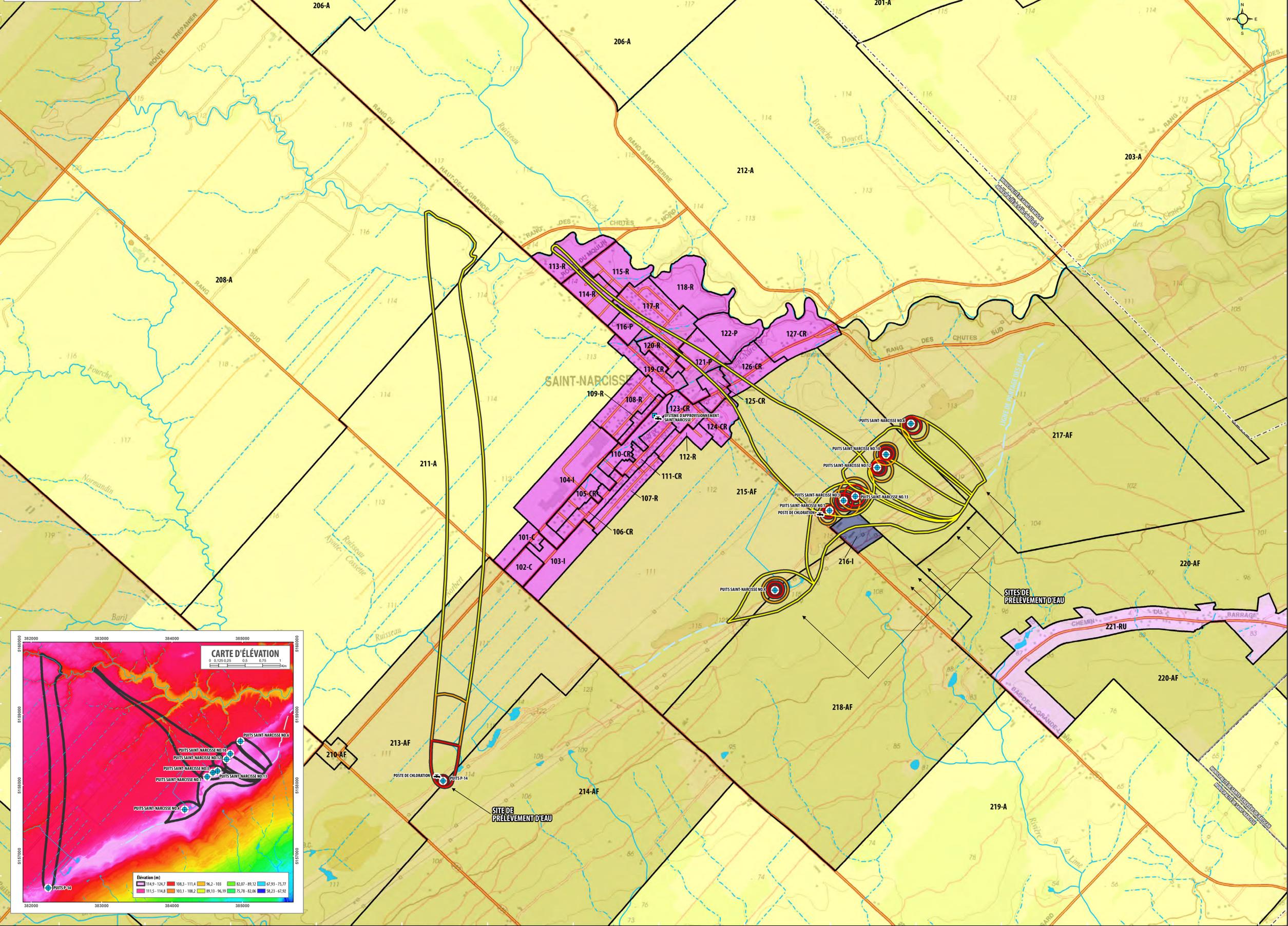
FORMAT / 17X11	RÉFÉRENCES / DONNÉES LIDAR MELCC	FICHIER / 19181-101-3C.mxd
----------------	----------------------------------	----------------------------



SITES DE PRÉLEVEMENT D'EAU

SITE DE PRÉLEVEMENT D'EAU

AFFECTATIONS DU TERRITOIRE - PPAT



- INFRASTRUCTURE**
- Puits municipal
 - Installation de production d'eau potable
 - Réservoir municipal
- FRONTIÈRE**
- - - - Limite municipale
- AIRES DE PROTECTION DU SITE DE PRÉLÈVEMENT D'EAU**
- Aire de protection immédiate
 - Aire de protection intermédiaire bactériologique
 - Aire de protection intermédiaire virologique
 - Aire de protection éloignée
- ZONAGE MUNICIPAL**
- 105-CR Usage permis
- AFFECTATION DU TERRITOIRE**
- Agricole
 - Agroforestière
 - Urbaine
 - Résidentielle
 - Industrielle

La position et les dimensions des éléments illustrés sur ce plan sont relatives et ne doivent pas être utilisées aux fins de calculs.

0 125 250 500 750 Mètres

Projection MTM Fuséeau 8
Système de référence nord-américain de 1983

Cette carte ne peut être reproduite, en totalité ou en partie, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit : graphique, mécanique ou électronique - sans l'autorisation d'AKIFER.

CLIENT / **MUNICIPALITÉ DE SAINT-NARCISSE**

PROJET / **ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA SOURCE POUR LES PRÉLÈVEMENTS D'EAU SOUTERRAINES X0009463-9,-10,-11,-12,-13,-14,-15,-16**

TITRE / **FIGURE 4 AIRES DE PROTECTION, ZONAGE MUNICIPAL ET AFFECTATIONS DU TERRITOIRE**

DOSSIER N° / 19181-101	ÉCHELLE / 1:10 000	DATE / 2021-03-30
VÉRIFIÉ PAR / G. HUTTON	DESSINÉ PAR / D. PLANTE	APPROUVÉ PAR / G. CARRIER
FORMAT / 36X24	RÉFÉRENCES / FOND TOPOGRAPHIQUE 20K	FICHER / 19181-101-4.mxd



3.2 Contexte géologique

3.2.1 Géologie du socle rocheux

Au point de vue géologique, le territoire municipal de Saint-Narcisse fait partie du Bouclier canadien de la province géologique de Grenville. Les roches métamorphiques et ignées formant le socle rocheux sont d'âge précambrien. Elles sont principalement composées d'orthoogneiss à biotite, hornblende et andésine ou de gabbro du groupe de Grenville.

Le puits municipal P-13 exploite l'eau souterraine circulant dans un réseau de fractures situé entre 71 et 183 mètres de profondeur, tandis qu'au puits P-14, les fractures productives se trouvent à 110 mètres de profondeur.

La géologie du socle rocheux simplifiée dans le modèle hydrogéologique conceptuel est présentée à la figure A6-3.

La disponibilité d'un grand nombre de données stratigraphiques dans la région (SIH, carte de dépôts de surface et affleurements de compilation) a permis d'estimer et de cartographier l'élévation du socle rocheux montrée à la figure A6-4.

3.2.2 Géologie des dépôts superficiels

Les dépôts meubles recouvrant le socle rocheux du territoire de Saint-Narcisse sont principalement composés de sédiments marins (argile), d'alluvions anciennes et de till. Ce dernier est présent sous la forme d'une importante moraine connue sous le nom de moraine de Saint-Narcisse, caractérisée par des dépôts juxtaglaciaire et fluvioglaciaire perméables recouvrant le till de Gentilly peu perméable. La moraine forme une bande d'environ un demi-kilomètre de largeur, traversant le territoire à l'étude dans un axe

sud-ouest/nord-est. Les dépôts localisés au nord-ouest de la moraine sont composés de sédiments marins (argile) tandis qu'au sud-est, ils sont composés d'alluvions anciennes (sable et gravier) recouvrant des dépôts marins argileux.

Sur le domaine d'étude, les dépôts de la moraine de Saint-Narcisse montrent des épaisseurs variant de 40 à 50 mètres. Au nord de celle-ci, les dépôts marins présentent une épaisseur moyenne de 20 mètres et s'amincissent aux zones d'affleurement du socle rocheux dans la rivière des Chutes. Au sud de la moraine, les épaisseurs des alluvions anciennes diminuent vers le sud, passant de 30 mètres à moins d'un mètre, où le roc et le till mince sont en connexion hydraulique avec les cours d'eau, dont le ruisseau Bradley et la rivière à la Lime.

La distribution spatiale des dépôts superficiels, simplifiée dans le modèle hydrogéologique conceptuel, est montrée à la figure A6-5 tandis que la distribution de l'épaisseur totale des dépôts superficiels considérée dans le modèle est présentée à la figure A6-6.



3.2.3 Recharge

Sur le territoire de Saint-Narcisse, les taux de recharge varient selon les types de dépôt superficiel présents. Les dépôts marins de composition argileuse montrent des taux de recharge nul à faible tandis que les travaux du PACES rapportent des valeurs de recharge de l'aquifère libre formé dans les dépôts juxtaglaciaire et fluvioglaciaire de la moraine de Saint-Narcisse allant de 300 à 500 mm/an. Une proportion de l'eau infiltrée dans l'aquifère libre migre en profondeur dans l'aquifère confiné de roc fracturé. Au nord du domaine modélisé, les affleurements rocheux dans la rivière des Chutes constituent des zones de recharge potentielle de l'aquifère de roc fracturé.

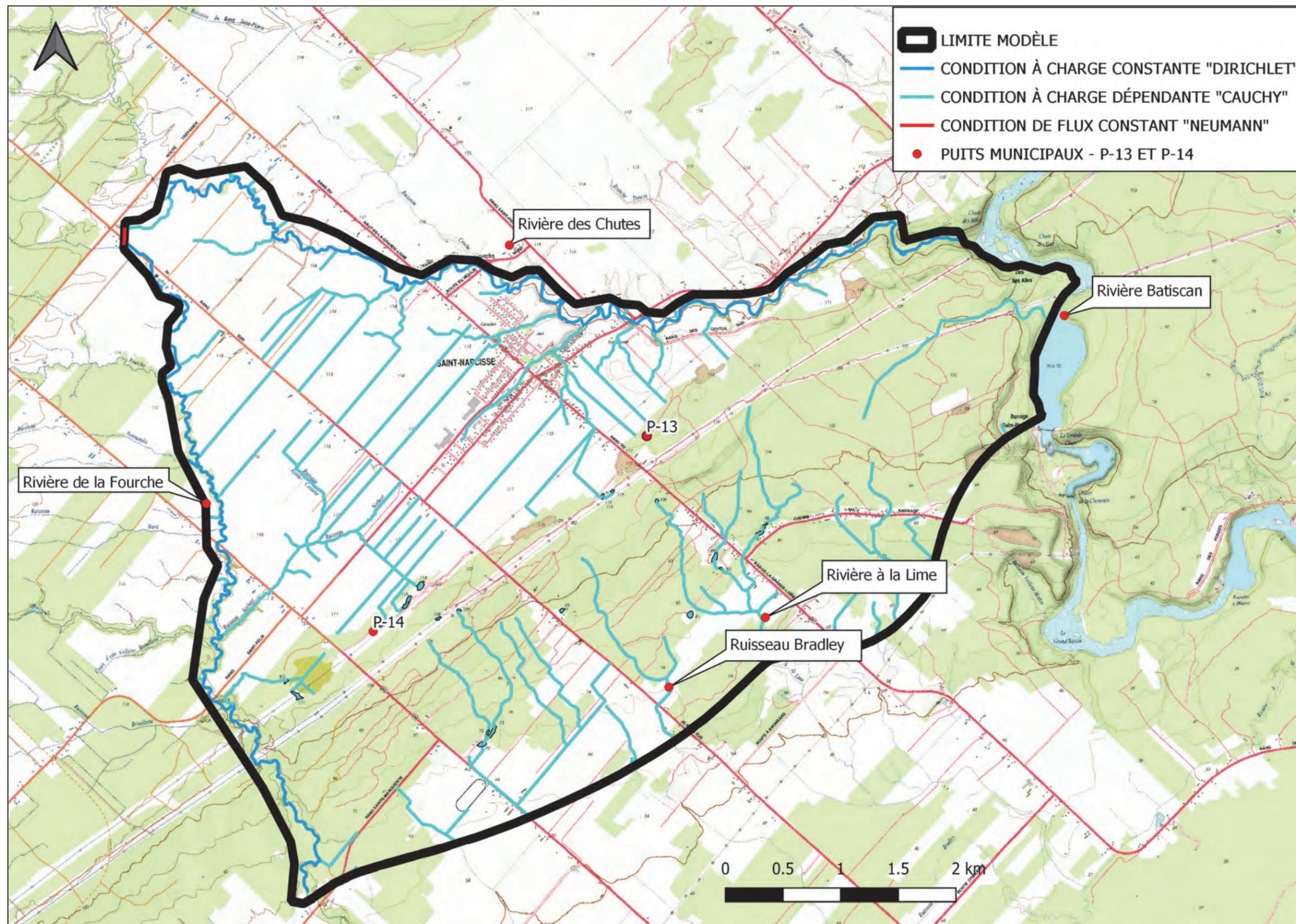


Figure A6-1 – Domaine d'écoulement modélisé et conditions limites

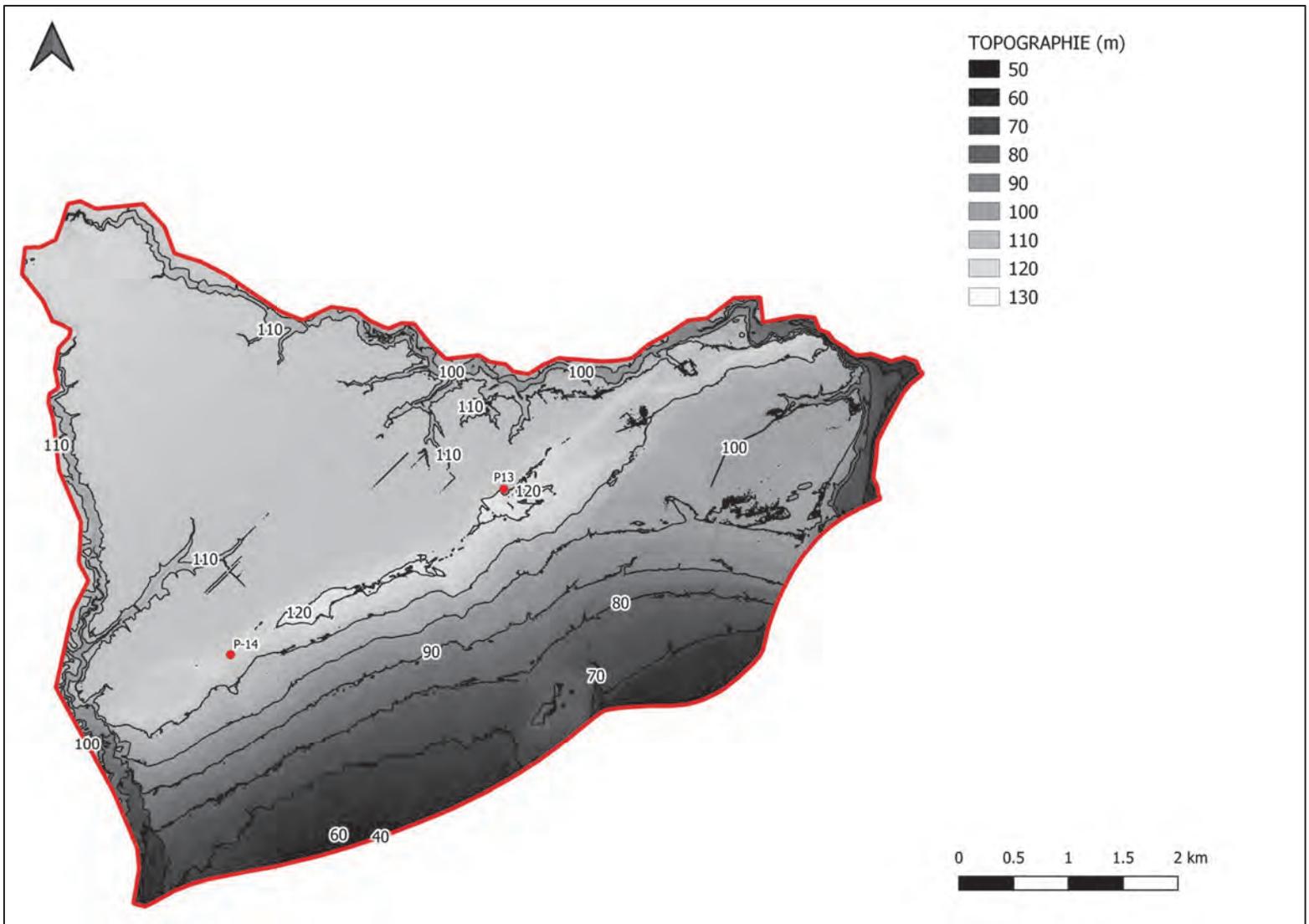


Figure A6-2 - Topographie

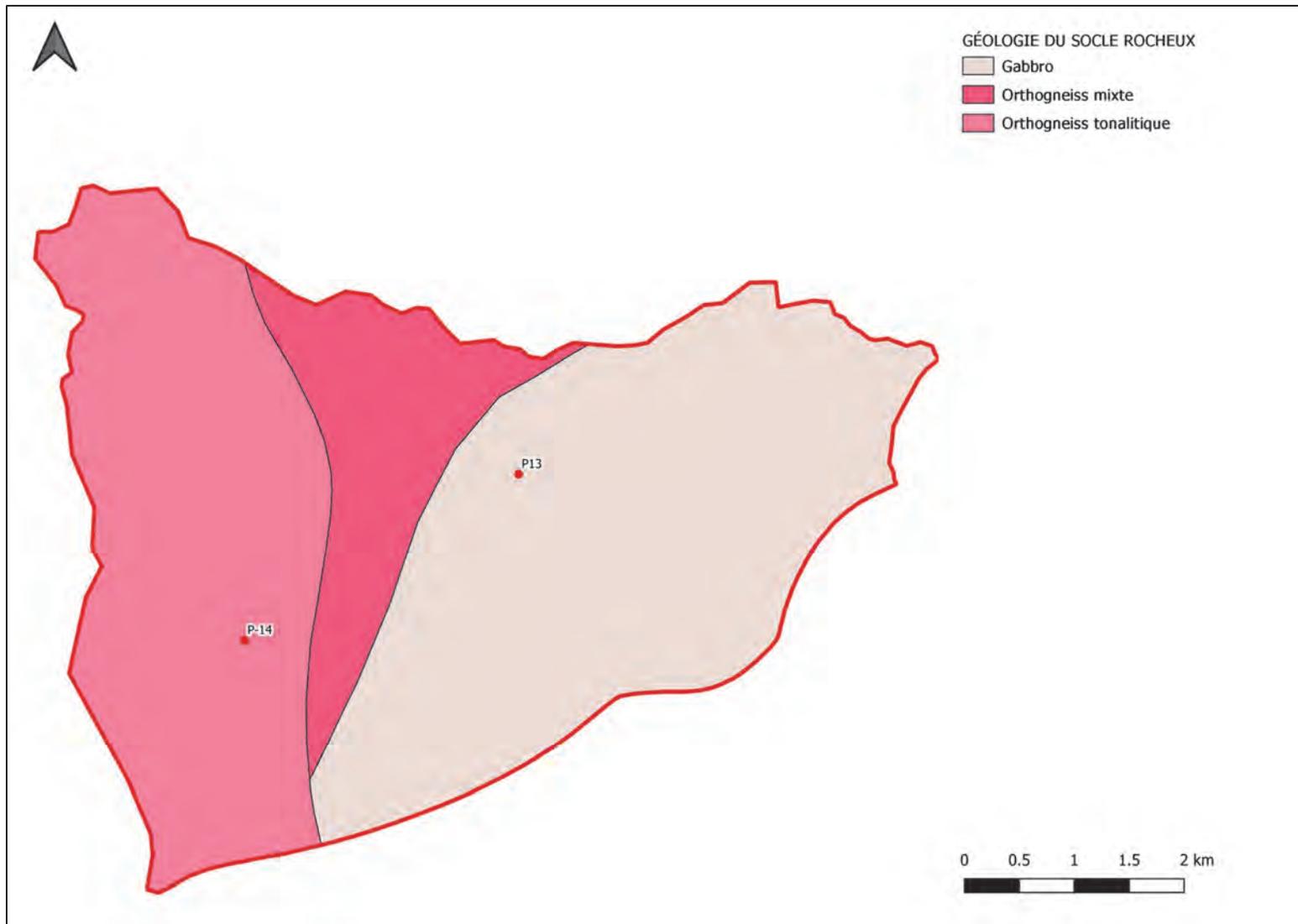


Figure A6-3 - Géologie du socle rocheux

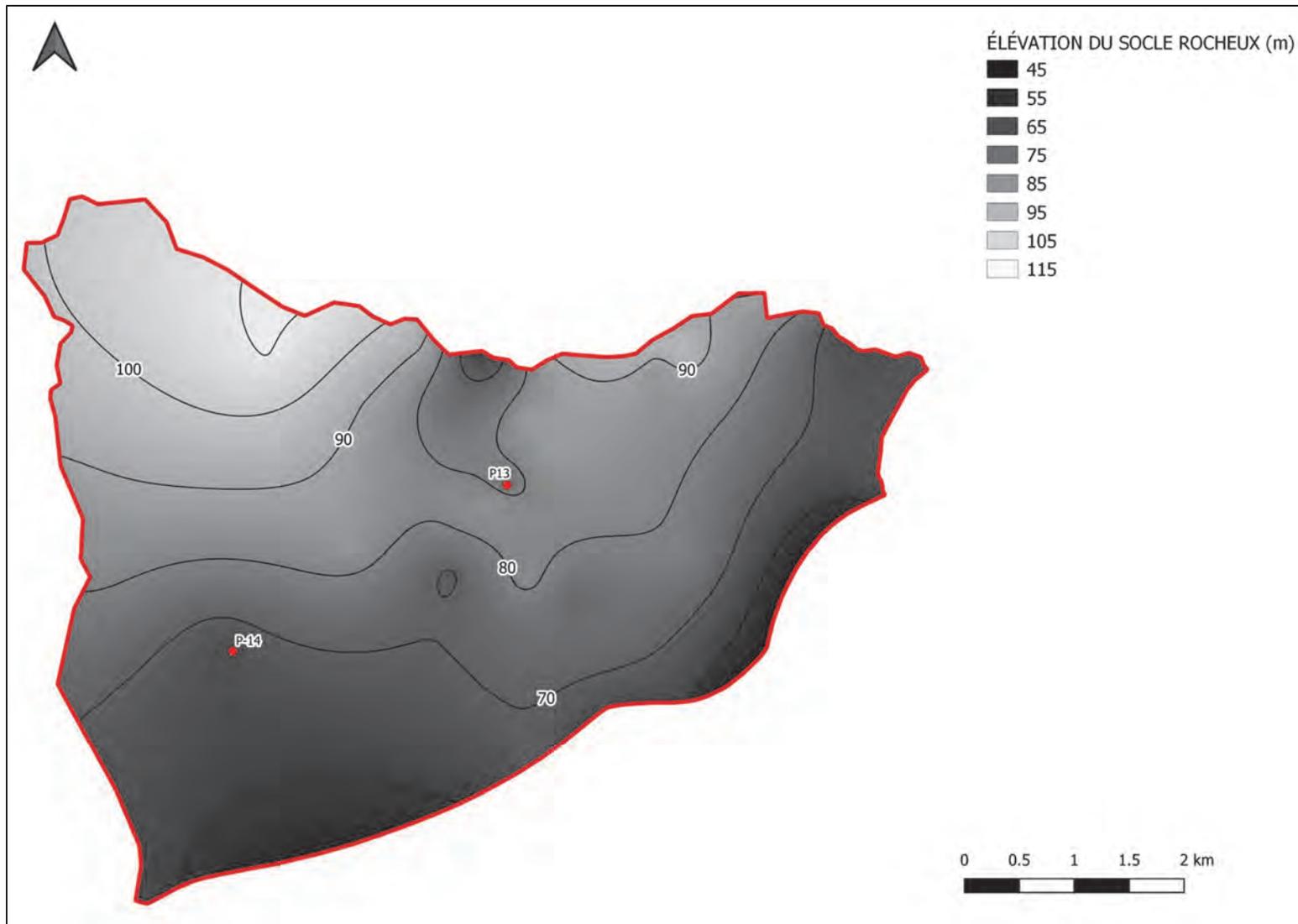


Figure A6-4 - Élévation du socle rocheux

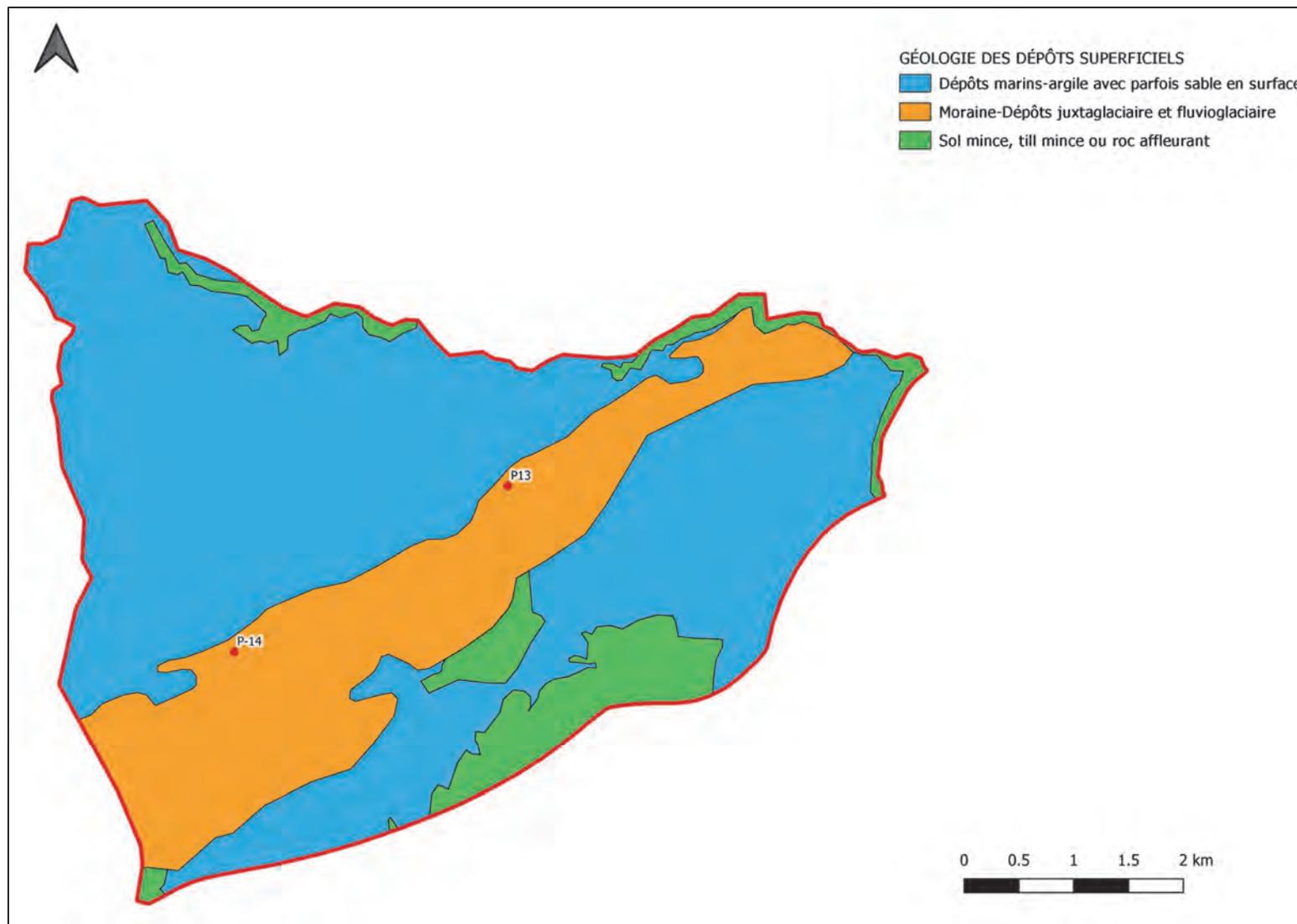


Figure A6-5 - Géologie des dépôts superficiels

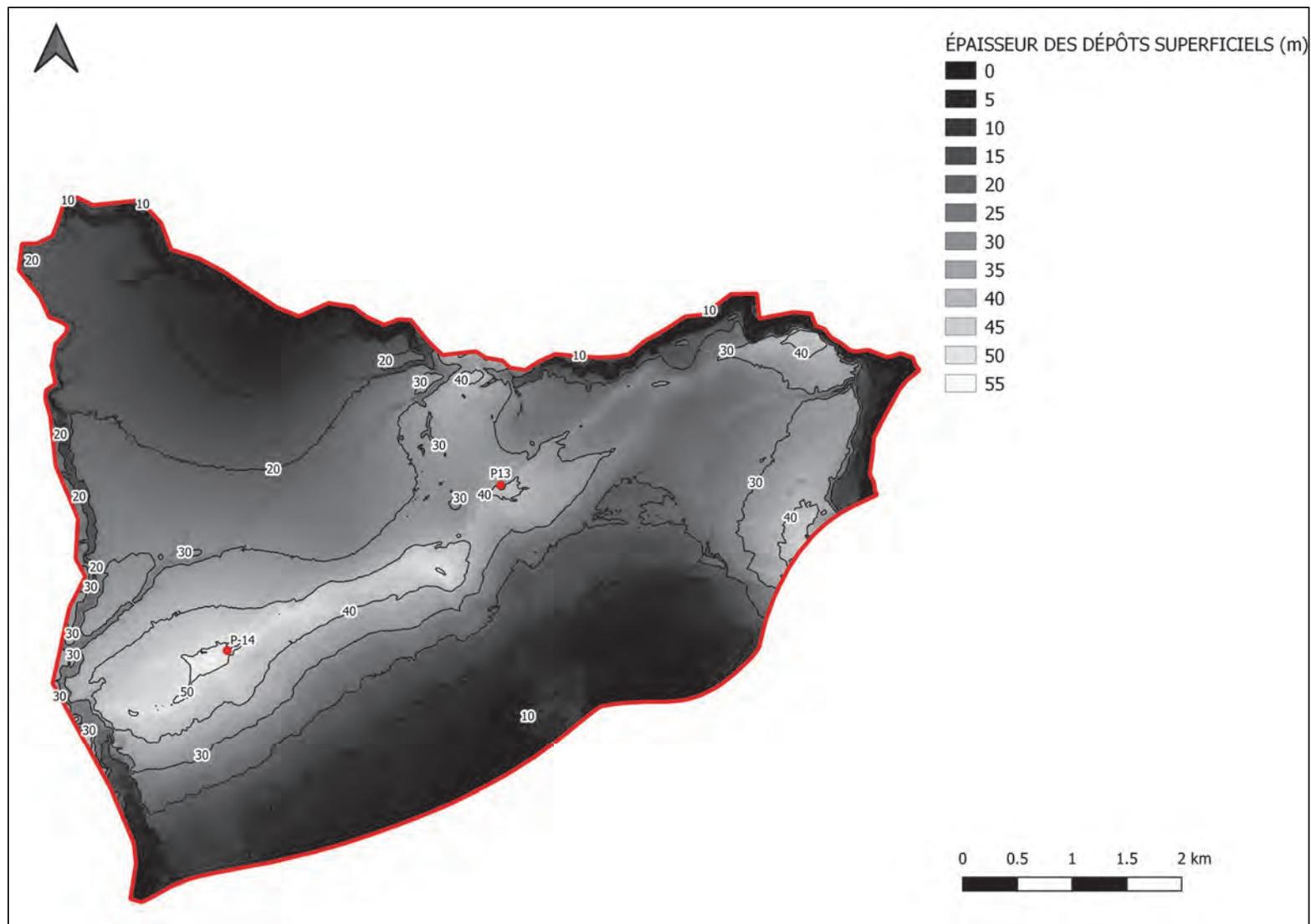


Figure A6-6 - Épaisseur des dépôts superficiels

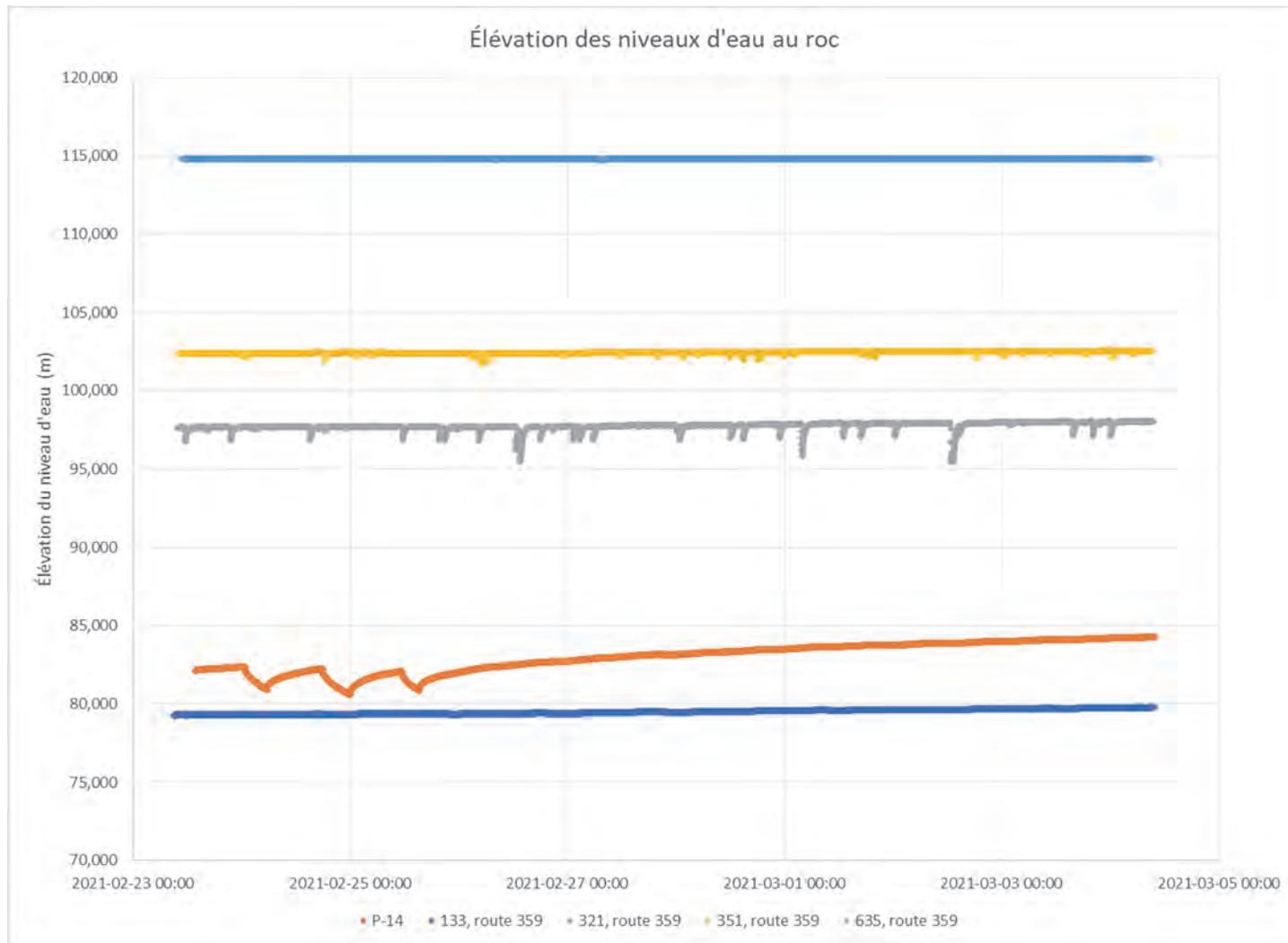


Figure A6-7 – Suivi piézométrique des puits situés dans l’aquifère de roc fracturé – secteur P-14

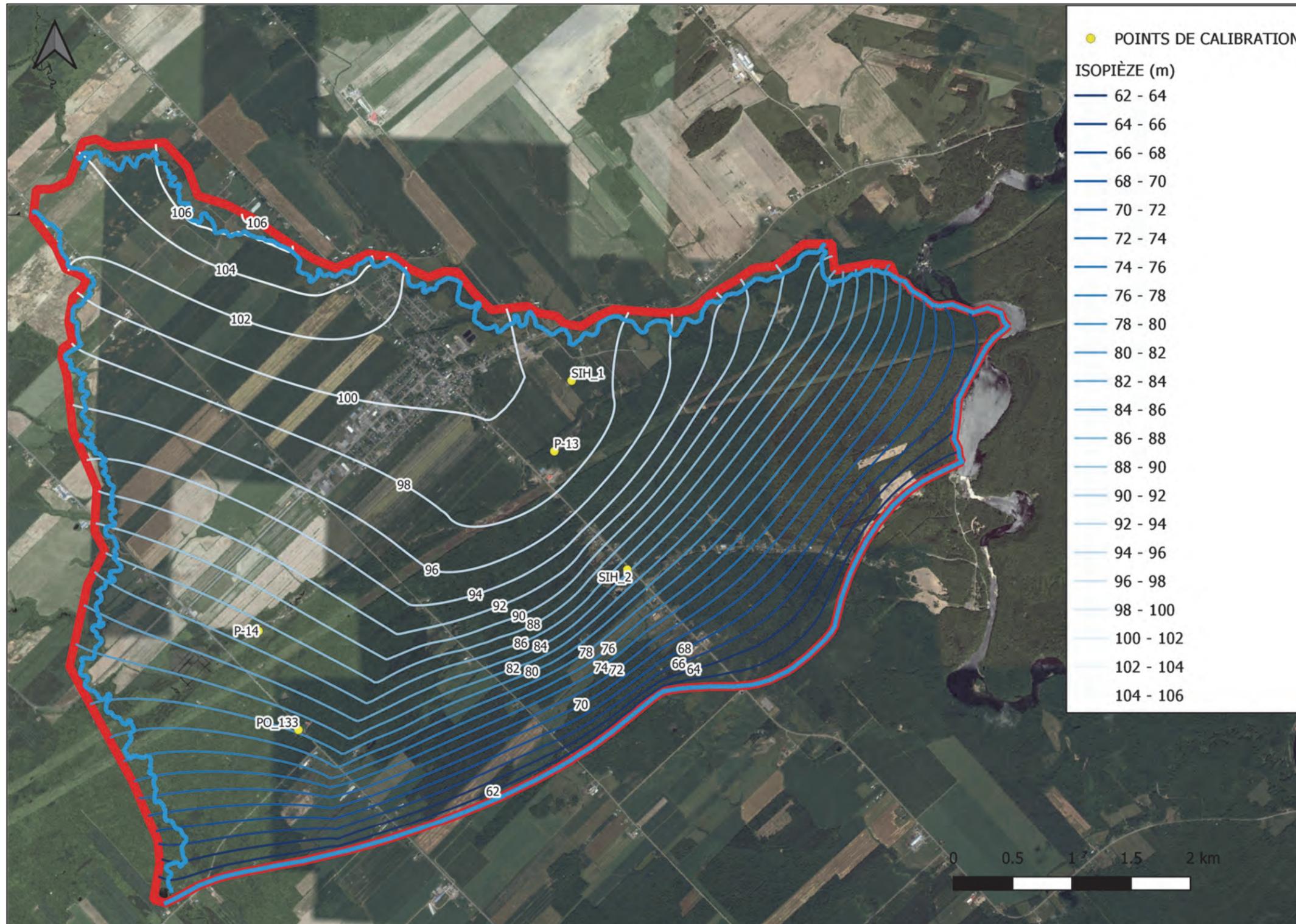


Figure A6-8 – Piézométrie statique simulée de la nappe confinée dans l'aquifère de roc fracturé sur le domaine d'écoulement et localisation des points de contrôle du modèle

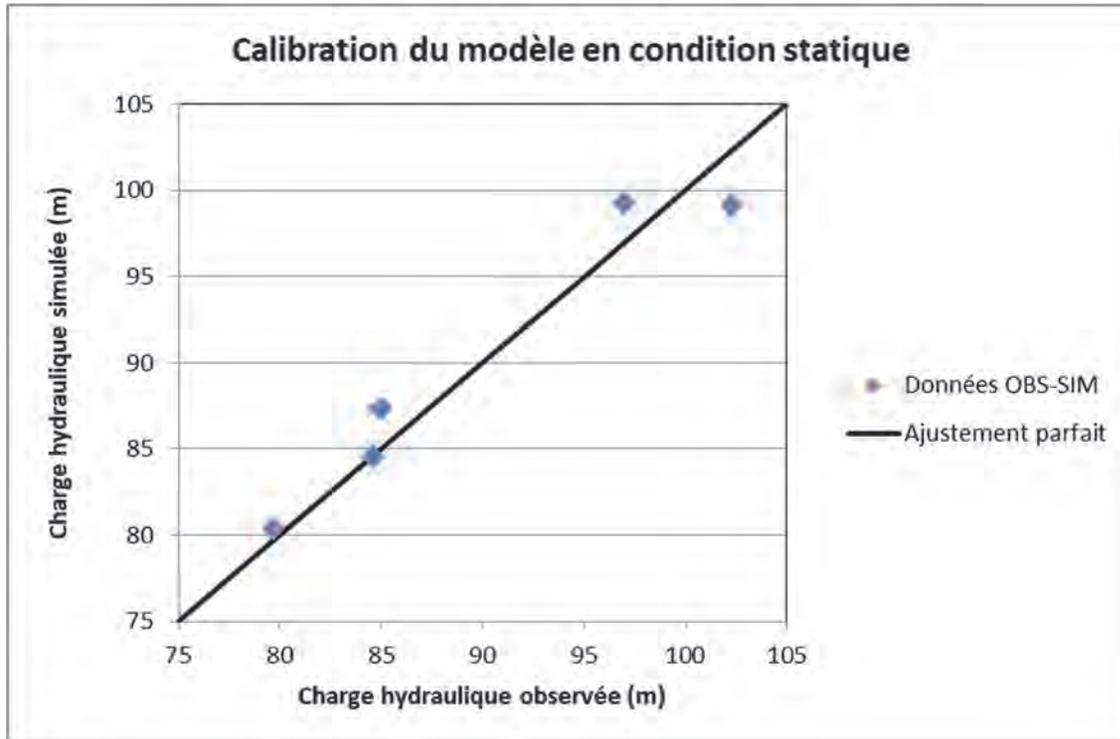


Figure A6-9 - Graphique des résultats de calibration

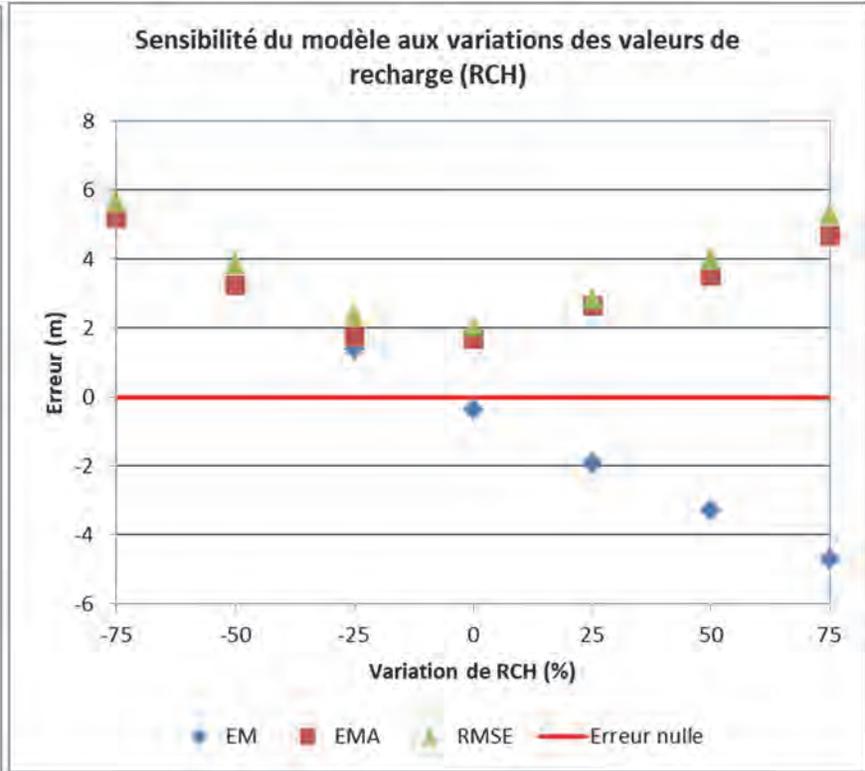
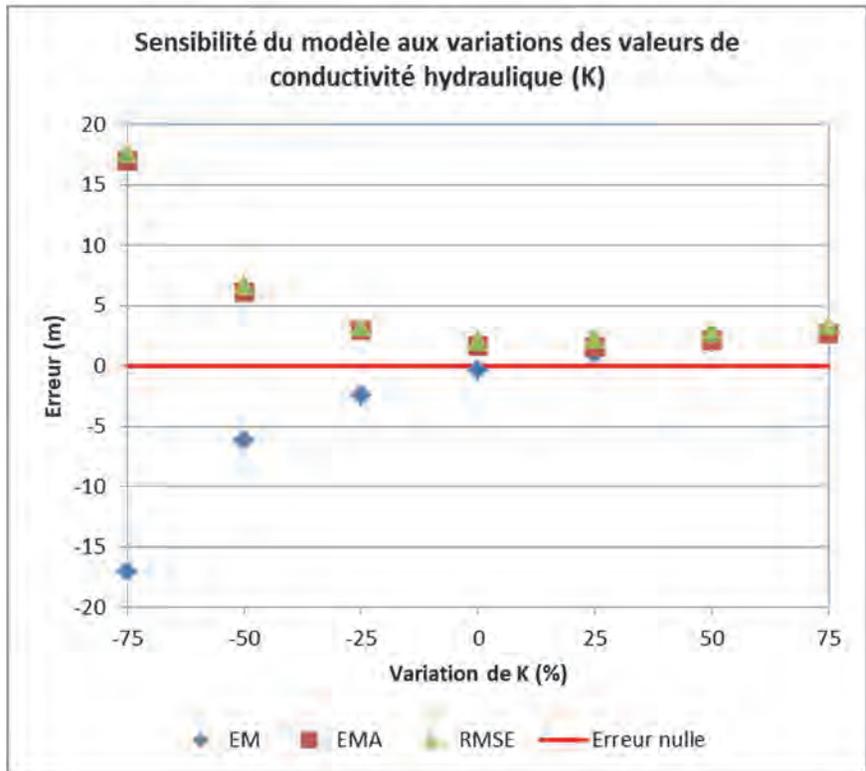


Figure A6-10 - Résultats de l'analyse de sensibilité

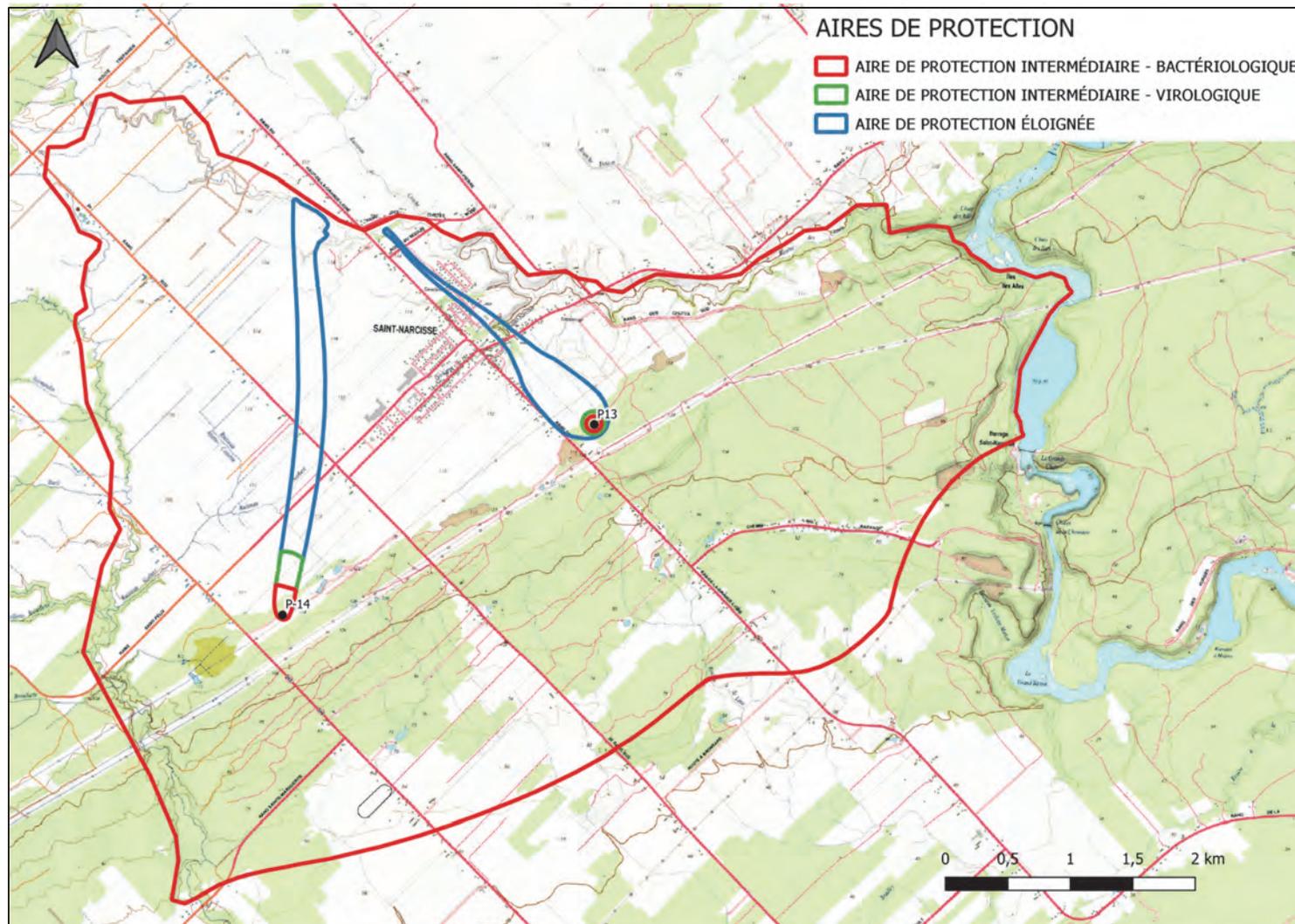


Figure A6-11 – Aires de protection intermédiaire et éloignée des puits P-13 et P-14 exploitant l'aquifère de roc fracturé

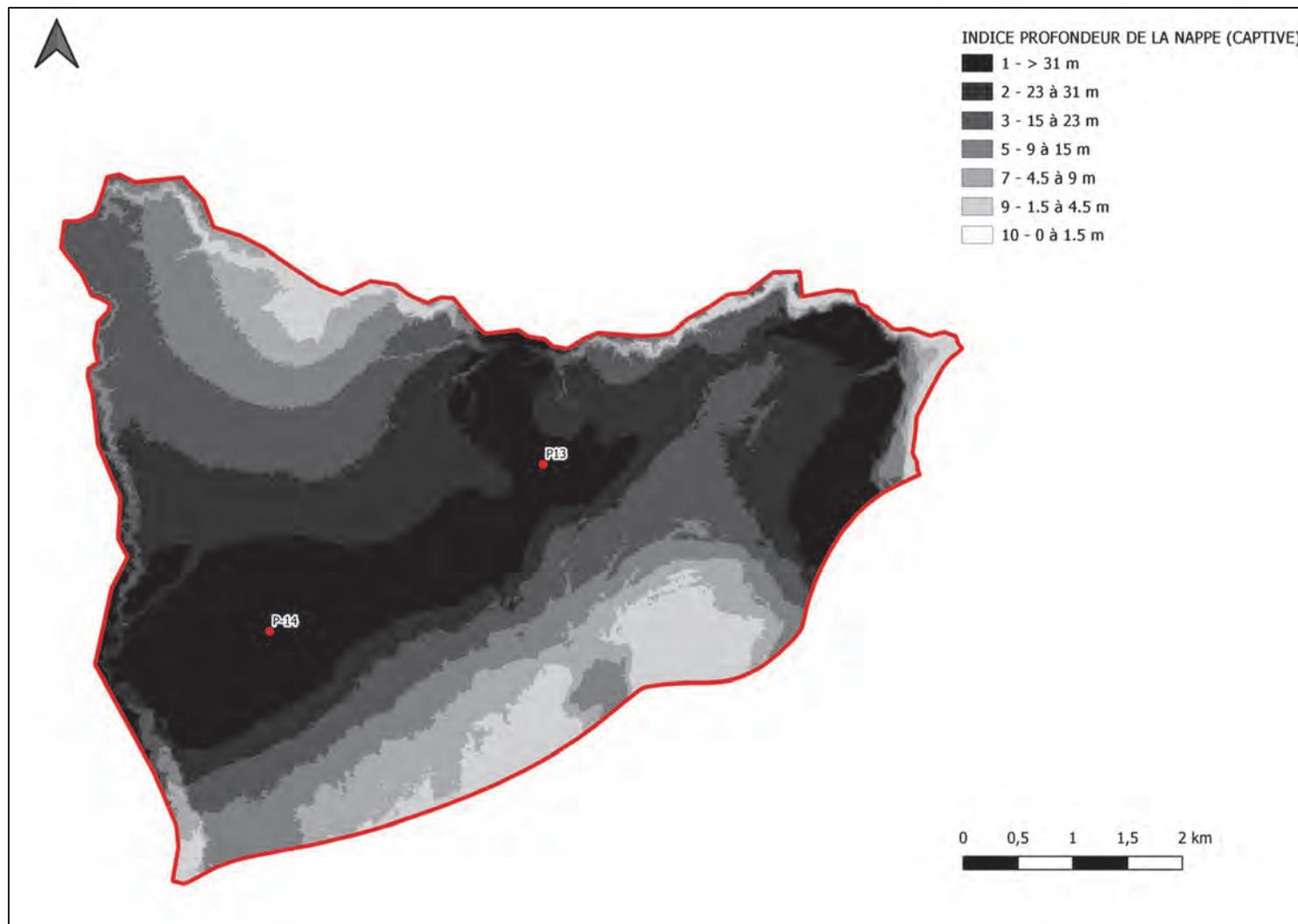


Figure A6-12 – Distribution spatiale du paramètre de la profondeur de la nappe confinée (Indice D)

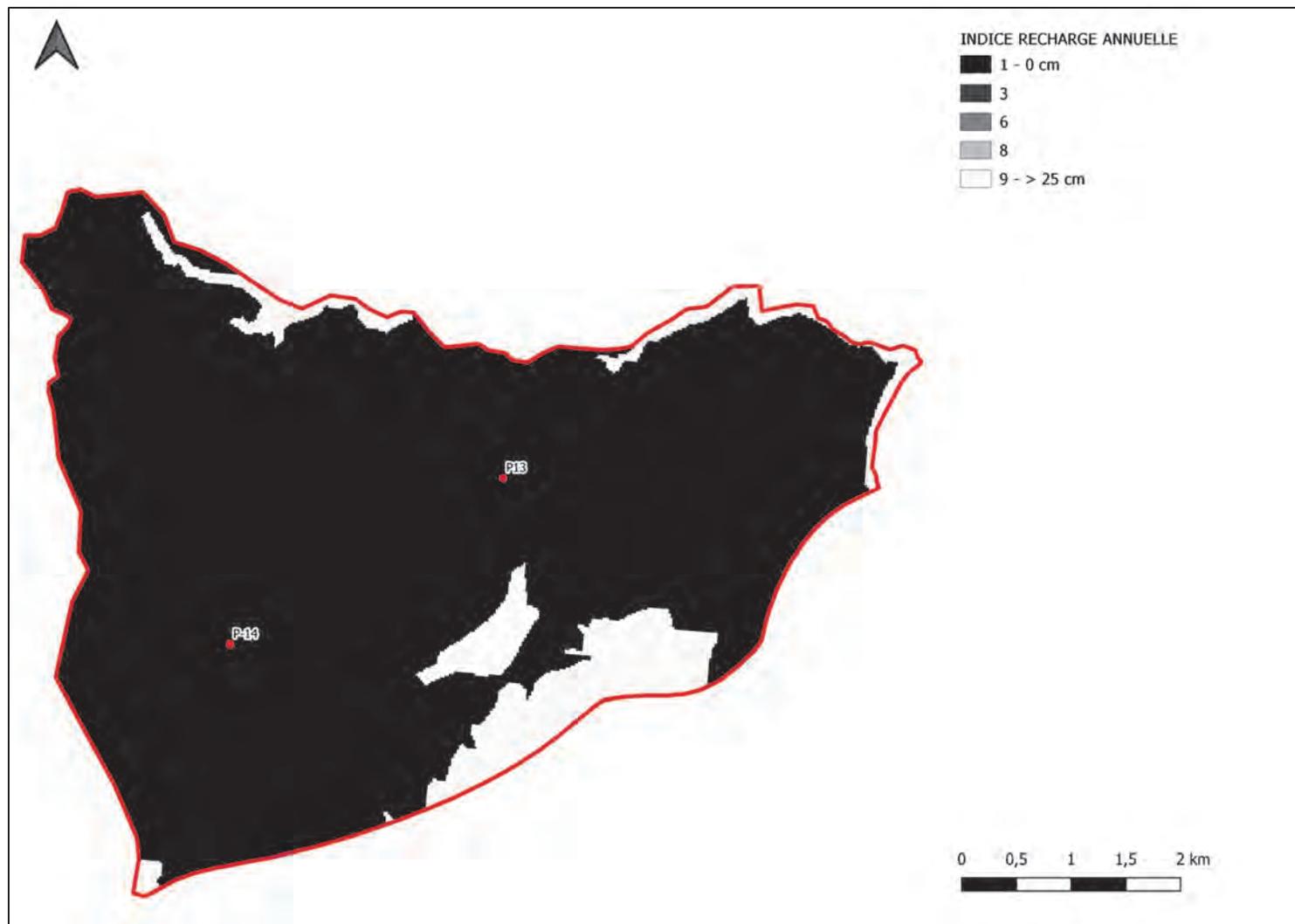


Figure A6-13– Distribution spatiale du paramètre de la recharge de la nappe confinée (Indice R)

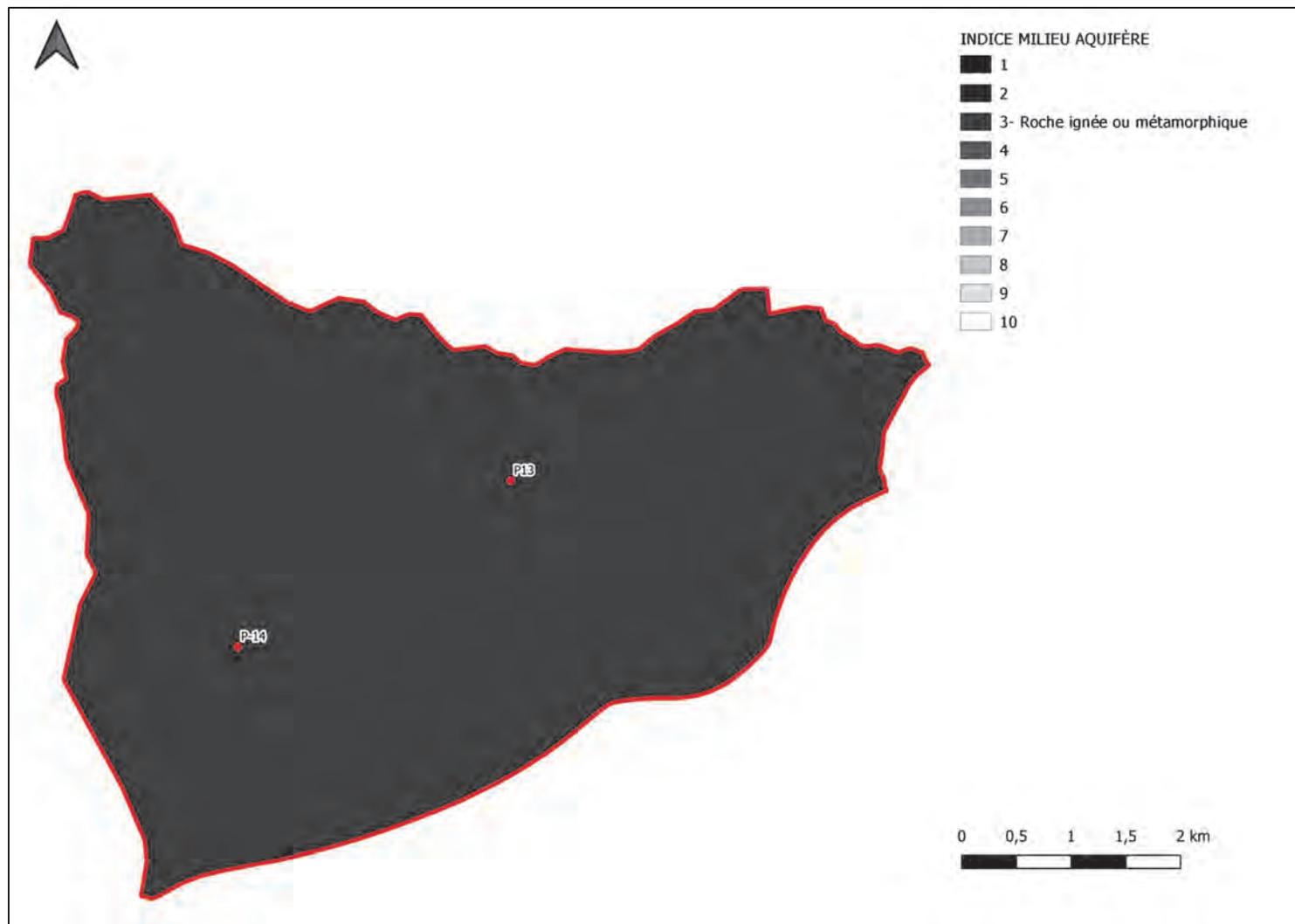


Figure A6-14 – Distribution spatiale du paramètre du milieu aquifère de roc fracturé (Indice A)

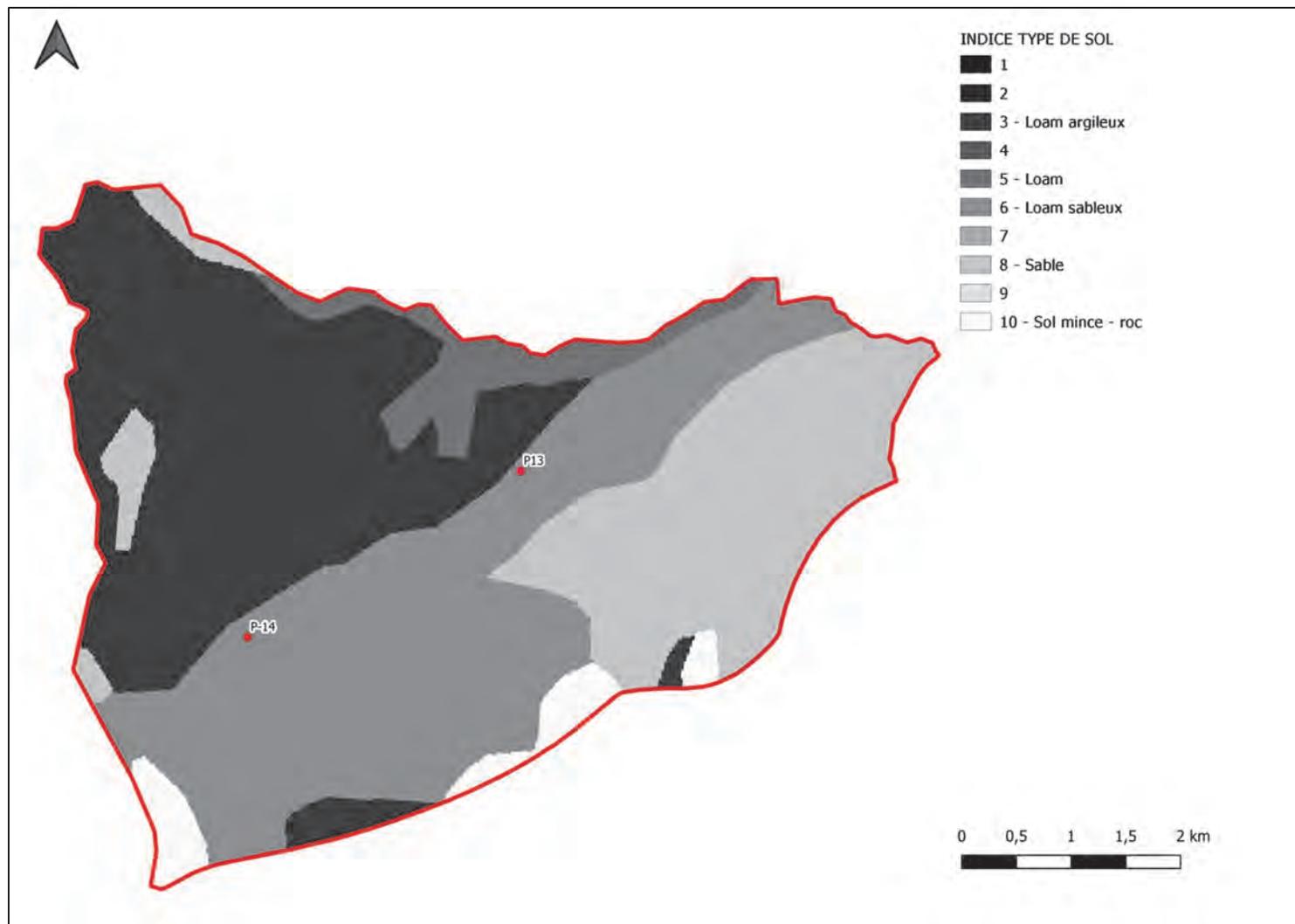


Figure A6-15 – Distribution spatiale du paramètre du type de sol (Indice S)

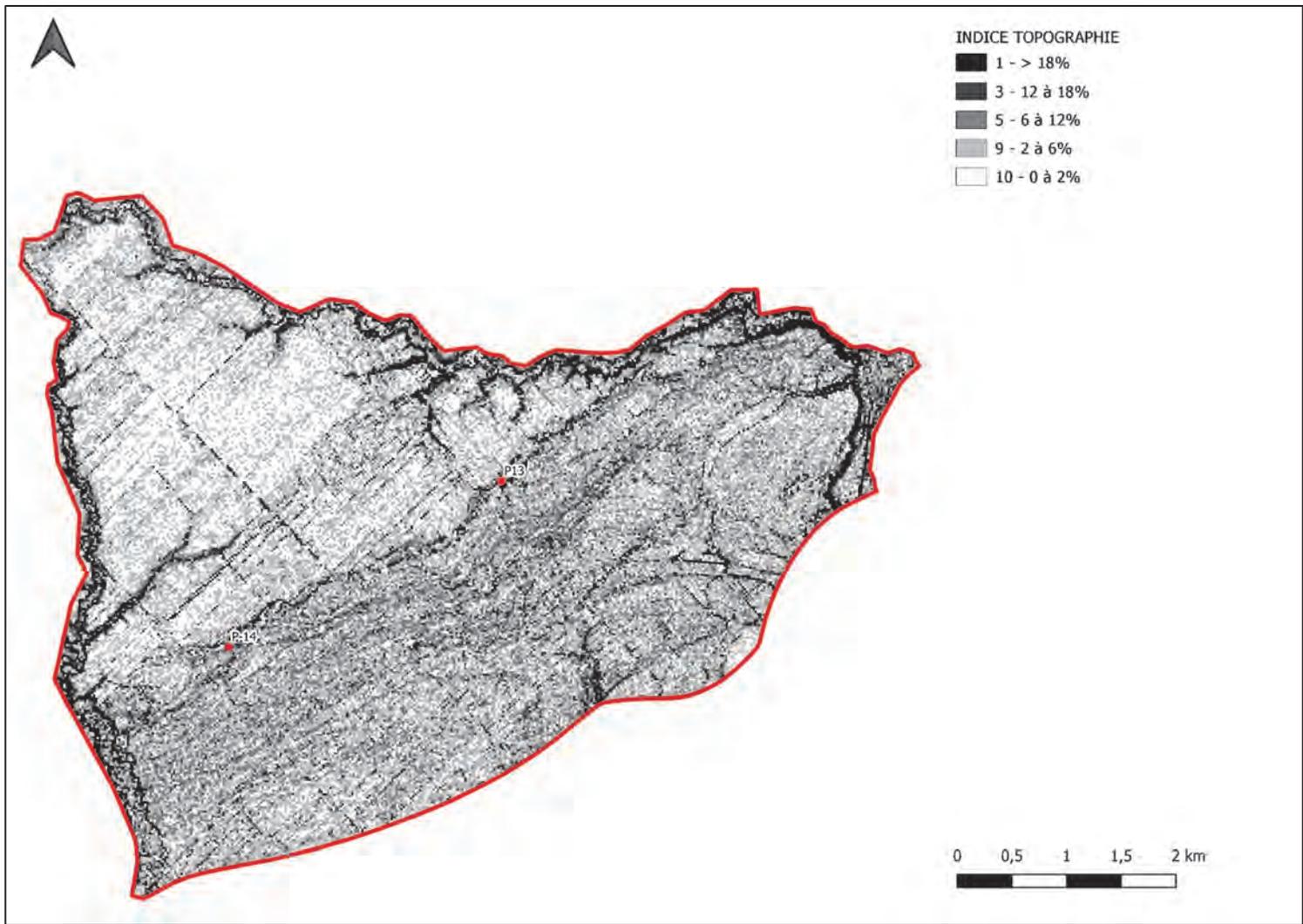


Figure A6-16 – Distribution spatiale du paramètre de la topographie (Indice T)

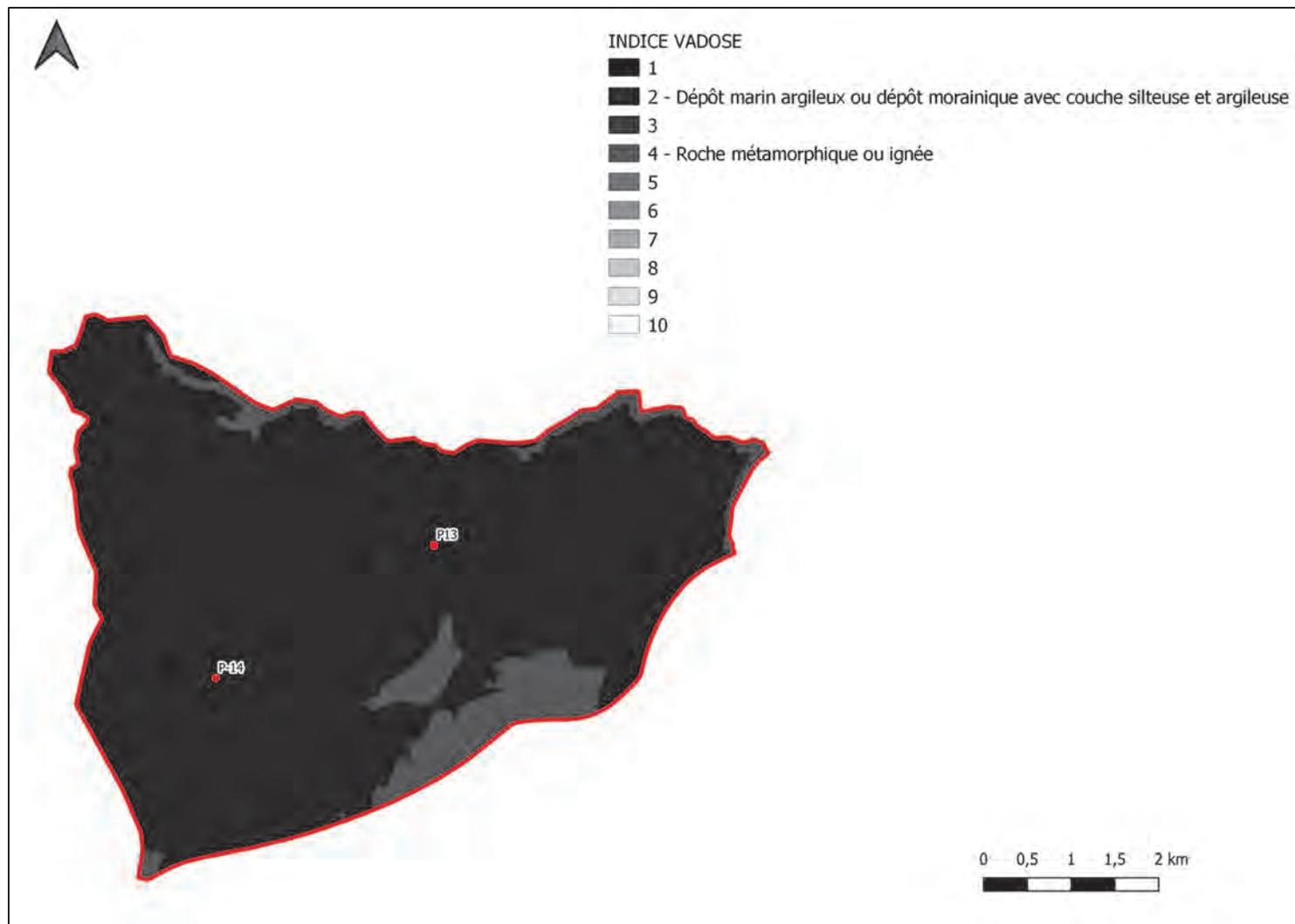


Figure A6-17 – Distribution spatiale du paramètre de la zone vadose (Indice I)

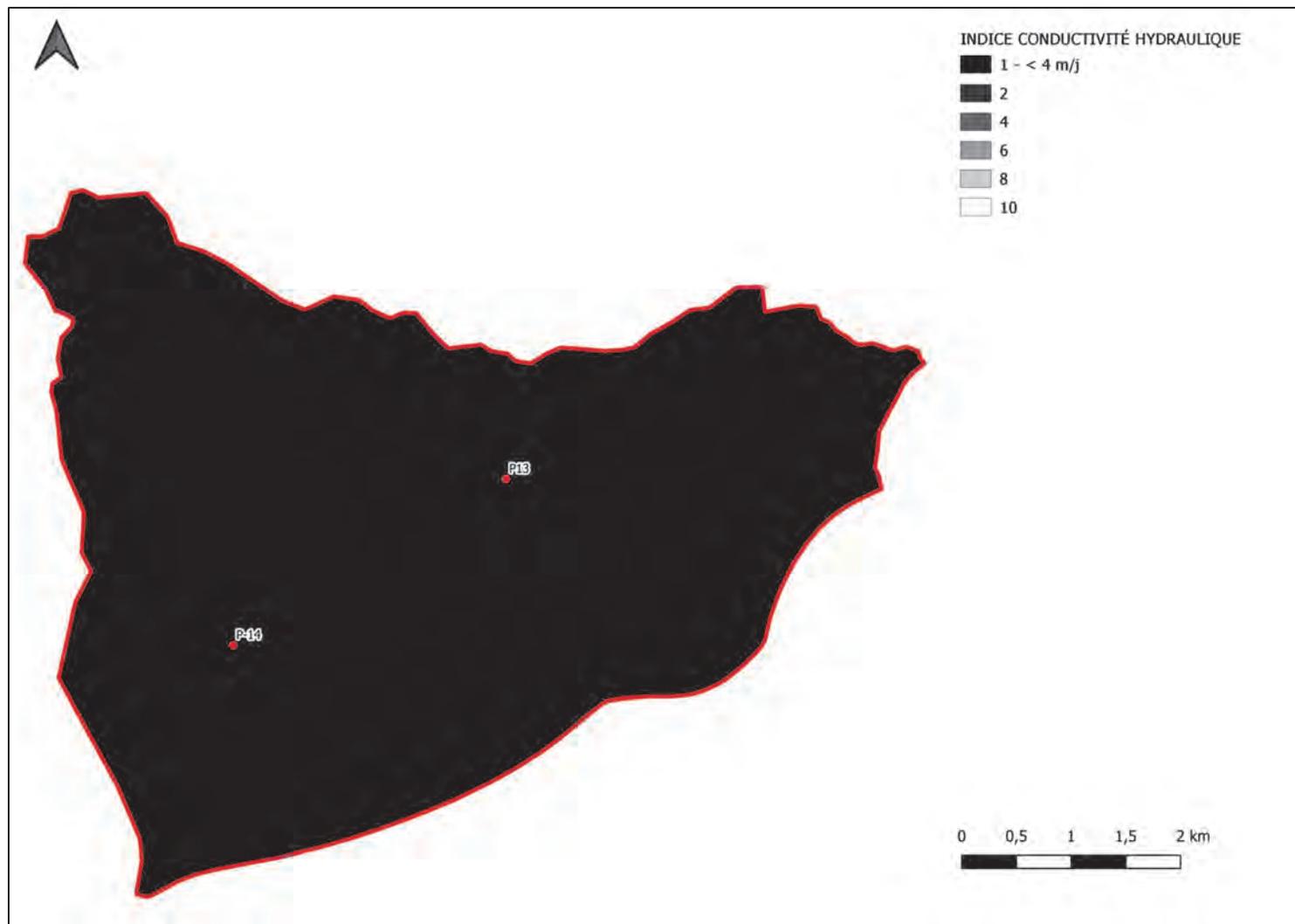


Figure A6-18 – Distribution spatiale du paramètre de la conductivité hydraulique de l'aquifère de roc fracturé (Indice C)

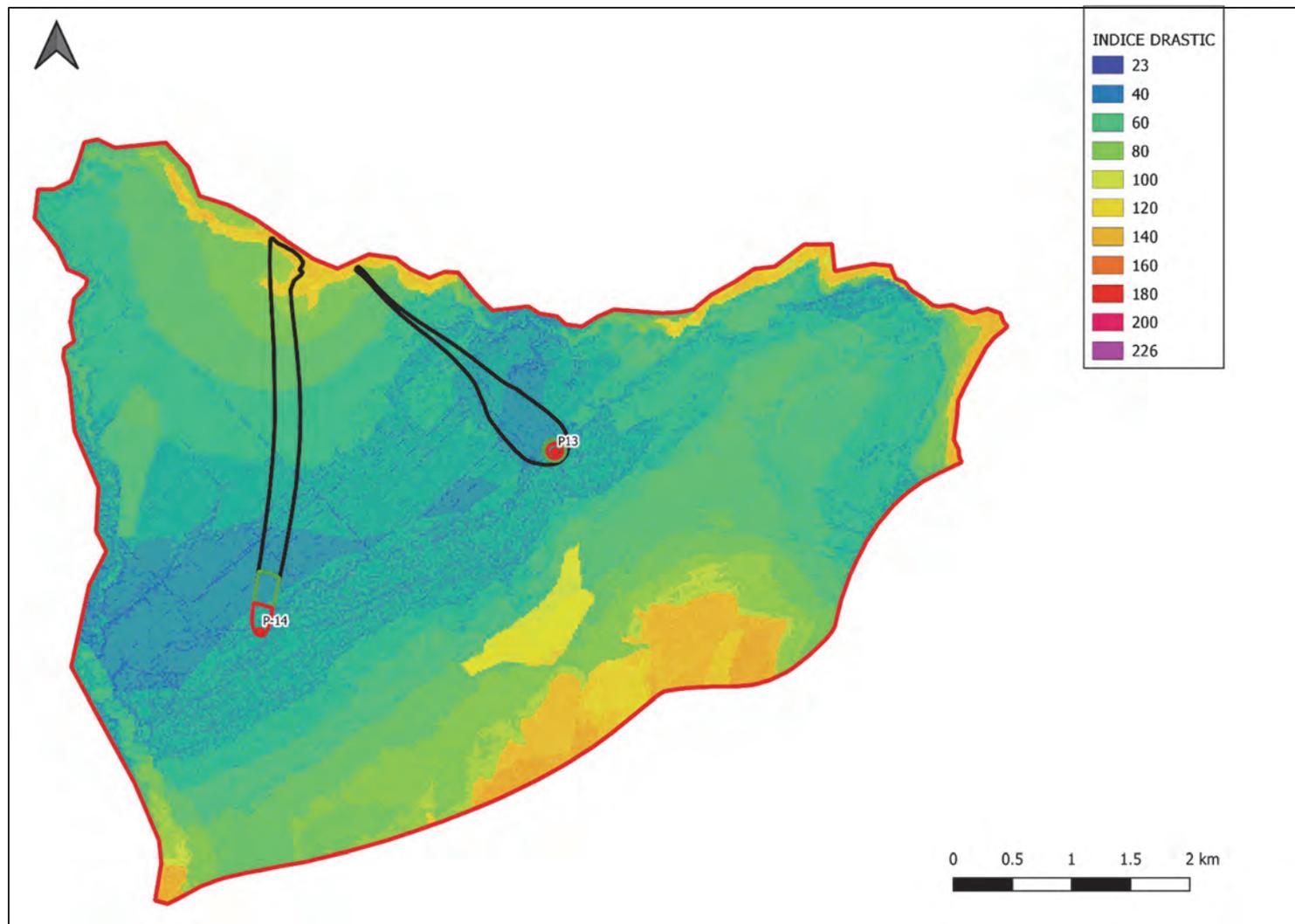


Figure A6-19 – Distribution spatiale de l'indice de vulnérabilité DRASTIC et aires de protection des puits P-13 et P-14



Municipalité de Saint-Narcisse

Étude hydrogéologique

Révision des aires de protection et des indices de vulnérabilité DRASTIC

Aquifère granulaire – puits P-1, P-3, P-4, P-6, P-10 et P-12

N/Réf. : 19181-101

TABLE DES MATIÈRES

1.0	INTRODUCTION	A7-1
2.0	SOURCES DES DONNÉES DISPONIBLES	A7-1
3.0	MODÈLE NUMÉRIQUE D'ÉCOULEMENT	A7-4
3.1	Code de modélisation numérique d'écoulement et logiciel de visualisation.....	A7-4
3.2	Géométrie du modèle numérique d'écoulement	A7-5
3.3	Paramètres, conditions initiales et limites du modèle numérique.....	A7-6
3.4	Calibration du modèle	A7-7
3.5	Analyse de sensibilité	A7-8
4.0	AIRES DE PROTECTION DU SITE DE PRÉLÈVEMENT	A7-9
4.1	Simulation des conditions dynamiques de pompage.....	A7-9
4.2	Détermination des aires de protection	A7-10
5.0	VULNÉRABILITÉ DES EAUX DANS LES AIRES DE PROTECTION.....	A7-11

LISTE DES FIGURES

Figure A7-1	Domaine d'écoulement modélisé et conditions limites
Figure A7-13 :	Distribution spatiale du paramètre de la profondeur de la nappe libre et captive (Indice D)
Figure A7-14 :	Distribution spatiale du paramètre de la recharge de la nappe libre et captive (Indice R)
Figure A7-15 :	Distribution spatiale du paramètre du milieu aquifère de la nappe libre et captive (Indice A)
Figure A7-16 :	Distribution spatiale du paramètre du type de sol (Indice S)
Figure A7-17 :	Distribution spatiale du paramètre de la topographie (Indice T)
Figure A7-18 :	Distribution spatiale du paramètre de la zone vadose de la nappe libre et captive (Indice I)
Figure A7-19 :	Distribution spatiale du paramètre de la conductivité hydraulique de la nappe libre et captive (Indice C)
Figure A7-20 :	Distribution spatiale de l'indice de vulnérabilité DRASTIC de la nappe libre et captive



LISTE DES TABLEAUX

Tableau A7-1 :	Bibliographie -----	A7-1
Tableau A7-6 :	Résultats de l'analyse de sensibilité-----	A7-9
Tableau A7-7 :	Débits moyens maximaux des puits exploitant l'aquifère granulaire déterminés sur une période de 90 jours -----	A7-10
Tableau A7-8 :	Paramètres d'entrée du modèle liés à la conception du puits -----	A7-10
Tableau A7-9 :	Valeurs de porosité efficace appliquées aux unités géologiques -----	A7-11
Tableau A7-10 :	Paramètres et poids de la méthode DRASTIC et cartes associées -----	A7-11



1.0 INTRODUCTION

La mise à jour des aires de protection des sites de prélèvement d'eau souterraine de la municipalité de Saint-Narcisse ainsi que des indices de vulnérabilité à l'intérieur des aires de protection définies a été réalisée selon la démarche préconisée par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) dans son guide technique *Détermination des aires de protection des prélèvements d'eau souterraine et des indices de vulnérabilité DRASTIC*. Les aires de protection ont été révisées à l'aide de la modélisation numérique et la vulnérabilité des eaux souterraines pour chaque aire de protection a été évaluée en utilisant la méthode DRASTIC.

Les étapes de travail ayant mené à la détermination des aires de protection des puits et des indices de vulnérabilité ont été réalisées dans l'ordre suivant :

- consultation des données disponibles (études antérieures, données accès gratuits);
- développement de deux modèles conceptuels d'écoulement;
- choix du code numérique d'écoulement et de transport;
- construction des modèles numériques d'écoulement;
- calibration des modèles en condition statique;
- analyse de sensibilité des modèles;
- simulation des conditions de pompage;
- délimitation des aires de protection intermédiaire et éloignée;
- détermination du niveau de vulnérabilité des eaux souterraines par la méthode DRASTIC.

Afin de représenter les différents contextes d'écoulement de l'eau souterraine, deux modèles numériques ont été conçus. Le présent rapport fait état de la modélisation réalisée pour représenter les conditions de pompage des puits aménagés dans l'aquifère granulaire (P-1, P-3, P-4, P-6, P-10 et P-12). La modélisation du pompage des puits situés dans l'aquifère de roc fracturé (P-13 et P-14) est décrite à l'annexe 6.

2.0 SOURCES DES DONNÉES DISPONIBLES

Le modèle conceptuel ainsi que la modélisation sont basés sur les informations obtenues dans le document référencé au tableau A7-1 suivant :

Tableau A7-1 - Bibliographie

Source	Titre	Référence	Date
MissionHGE inc.	Municipalité de Saint-Narcisse - Aires d'alimentation et de protection des puits municipaux - Rapport technique	07139-101	2007



Les puits P-1, P-3, P-4, P-6 et P-12 exploitent la nappe libre de l'aquifère granulaire, dont l'épaisseur varie de 6,5 à 9,5 mètres aux sites des puits. À l'emplacement du puits P-10, un aquiclude de faible épaisseur, 2 mètres, sépare la nappe libre de la nappe captive qu'il exploite. Cette dernière est d'environ 6 mètres d'épaisseur.

3.0 MODÈLE NUMÉRIQUE D'ÉCOULEMENT

3.1 Code de modélisation numérique d'écoulement et logiciel de visualisation

Le modèle conceptuel qui a été élaboré sur la base du contexte d'écoulement décrit précédemment a servi de fondement pour l'élaboration du modèle numérique utilisé pour calculer l'écoulement de l'eau souterraine du secteur à l'étude. Akifer a choisi d'utiliser le logiciel de visualisation ModelMuse (version 4.3.0.0) pour ce mandat. Les codes d'écoulement, MODFLOW (McDonald, M.J. et Harbaugh, A.W., 1988) et de transport des particules, MODPATH, sont modulaires et s'appliquent dans un maillage tridimensionnel de différences finies. Le logiciel de visualisation ainsi que les codes numériques d'écoulement et de transport ont été développés par la Commission Géologique des États-Unis (USGS) et sont les plus utilisés et reconnus aux États-Unis et au Canada.

L'interface graphique ModelMuse propose de multiples options pertinentes pour la génération du maillage, l'assignation des propriétés du modèle et des conditions aux limites, le calage du modèle et la visualisation des résultats en deux ou trois dimensions. Le code MODFLOW permet de modéliser des systèmes complexes tels que des systèmes multi-aquifères libres, captifs ou semi-captifs, homogènes ou hétérogènes, isotropes ou anisotropes et d'épaisseurs variables. L'écoulement peut être simulé en régime permanent ou transitoire. Le code MODFLOW permet également de simuler des perturbations extérieures telles que la recharge, l'évapotranspiration, un régime de pompage, etc. Le code MODPATH simule le transport et le temps de migration des contaminants dans les systèmes aquifères et permet d'établir les aires d'alimentation des puits de pompage et leurs aires de protection. Les simulations sont effectuées en régime permanent pour représenter les processus d'écoulement sur une base de temps infinie.



3.2 Géométrie du modèle numérique d'écoulement

Le domaine d'écoulement représenté dans le modèle numérique couvre une superficie d'environ 1 km² et présente des dimensions latérales maximales est-ouest de 2,5 km et nord-sud de 0,5 km. Sur l'ensemble du domaine, un maillage de modélisation de 10 m x 10 m a été défini dans la projection UTM NAD 83 (fuseau 18).

Verticalement, le modèle est divisé par cinq couches, lesquelles se définissent de la façon suivante (du sommet de la première couche représentant la surface du sol à la base imperméable du modèle) :

- la première couche correspond à l'aquifère granulaire contenant la nappe libre exploitée par les puits P-1, P-3, P-4, P-6 et P-12 (3 sous-couches);
- la seconde couche représente un aquiclude formé par des dépôts marins (3 sous-couches);
- la troisième couche correspond à l'aquifère confiné contenant la nappe captive exploitée par le puits P-10 (3 sous-couches);
- la quatrième couche constitue un second aquiclude formé par des dépôts marins ainsi que le till de Gentilly (3 sous-couches);
- la cinquième couche correspond à l'aquifère de roc fracturé (2 sous-couches).

La surface supérieure du modèle a été fixée par la topographie de la surface du sol obtenue par les relevés LIDAR. La base du modèle a été définie en imposant une élévation constante par rapport au niveau moyen de la mer de 50 mètres. Celle-ci est inférieure d'une cinquantaine de mètres par rapport à la base du puits P-10.

L'épaisseur des dépôts a été obtenue par interpolation avec le logiciel Surfer à partir des données disponibles (SIH, études antérieures et cartes géologiques). Lors de l'interpolation, une épaisseur minimale de 2 mètres a été imposée notamment dans les zones où le roc est affleurant. Les élévations du sommet (104 mètres) et de la base (102 mètres) de la couche aquiclude située entre l'aquifère libre et l'aquifère confiné ont été fixées à des valeurs constantes selon les informations stratigraphiques obtenues des forages des puits de pompage et d'observation municipaux documentées dans les études antérieures. Une valeur d'élévation constante a été appliquée également pour définir la base de l'aquifère confiné (96 mètres).



Tableau A7-6 - Résultats de l'analyse de sensibilité

Paramètre	Critère d'erreur (m)	Variation (%)						
		-75%	-50%	-25%	0%	25%	50%	75%
Conductivité hydraulique (m/s)	EM	-2,84	-1,00	-0,14	0,41	0,79	1,04	1,22
	EMA	2,84	1,00	0,66	0,77	0,99	1,19	1,36
	RMSE	3,07	1,22	0,75	0,96	1,24	1,47	1,64
Recharge (mm/an)	EM	1,89	1,36	0,88	0,41	-0,01	-0,36	-0,69
	EMA	1,97	1,48	1,06	0,77	0,66	0,69	0,73
	RMSE	2,31	1,78	1,32	0,96	0,76	0,80	0,98

Les résultats de l'analyse de sensibilité démontrent qu'il existe un compromis dans le choix des valeurs de conductivités hydrauliques des unités géologiques et de recharge qui permet de réduire les erreurs du modèle d'écoulement. Les résultats de l'analyse montrent qu'une diminution de 25 % des valeurs de conductivité hydraulique pourrait réduire les erreurs de simulation ou que l'augmentation de 25 % de la valeur de recharge aurait le même effet. Dans cette situation, les valeurs des paramètres du modèle calibré (0% de variation) demeurent le meilleur choix, car une diminution des valeurs de conductivité hydraulique impliquerait que celles-ci s'éloigneraient des valeurs rapportées dans les études antérieures. Il en serait de même pour une augmentation de la valeur de la recharge.

4.0 AIRES DE PROTECTION DU SITE DE PRÉLÈVEMENT

4.1 Simulation des conditions dynamiques de pompage

Les aires de protection des puits P-1, P-3, P-4, P-6, P-10 et P-12 exploitant les nappes libre et captive de l'aquifère granulaire ont été délimitées selon les débits journaliers moyens d'exploitation. Dans le but d'obtenir une valeur qui est la plus représentative des conditions d'exploitation, ces derniers ont été calculés sur une période de 90 jours consécutifs pendant lesquels les prélèvements ont été maximaux au cours des dernières années. L'analyse a été effectuée sur la base des données mensuelles de production des puits de janvier 2015 à décembre 2019. Les débits moyens maximaux sont présentés au tableau A7-7.



Tableau A7-7 - Débits moyens maximaux des puits exploitant l'aquifère granulaire déterminés sur une période de 90 jours

Puits	Période de suivi		Débit moyen maximum sur 90 j (m ³ /j)	Période de débit maximum	
	Début	Fin		Début	Fin
Puits P-1	2015-01-01	2019-12-31	64	2015-03-01	2015-06-30
Puits P-3	2015-01-01	2019-12-31	95	2017-03-01	2017-05-31
Puits P-4	2015-01-01	2019-12-31	59	2018-04-01	2018-06-30
Puits P-6	2015-01-01	2019-12-31	61	2015-04-01	2015-06-30
Puits P-10	2015-01-01	2019-12-31	96	2015-04-01	2015-06-30
Puits P-12	2015-01-01	2019-12-31	45	2017-07-01	2017-09-30

Aux emplacements des puits montrés à la figure A7-1, des prélèvements d'eau correspondant aux débits moyens maximaux de pompage ont été appliqués aux cellules des couches correspondant à l'aquifère granulaire libre (P-1, P-3, P-4, P-6 et P-12) ou à l'aquifère granulaire confiné (P-10). D'autres informations liées à la conception des puits ont servi de paramètres d'entrée au modèle en condition dynamique de pompage. Ceux-ci sont indiqués au tableau A7-8.

Tableau A7-8 - Paramètres d'entrée du modèle liés à la conception des puits

Information de conception	P-1	P-3	P-4	P-6	P-10	P-12
Élévation du sommet de la crépine (m)	110,59	108,87	110,22	107,05	102,04	105,35
Élévation de la base de la crépine (m)	109,07	107,35	108,7	105,53	99,6	104,13
Diamètre du puits (m)	0,15	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15
Couches du modèle où le pompage est appliqué	1	1	1	1	3	1

4.2 Détermination des aires de protection

Les aires de protection des puits situés dans l'aquifère granulaire ont été déterminées par l'application du traçage inverse de particules combinant les codes MODPATH et MODFLOW. Les aires de protection intermédiaire bactériologique (200 jours) et virologique (550 jours) ainsi que les aires de protection éloignée (aires d'alimentation) interprétées de la modélisation sont présentées à la figure A7-11 pour les puits exploitant la nappe libre (P-1, P-3, P-4, P-6 et P-12) et la figure A7-12 pour le puits P-10 exploitant la nappe captive. En rouge correspond l'aire bactériologique, en vert l'aire virologique et en bleu l'aire éloignée. Les porosités efficaces appliquées à chaque unité géologique pour le transport de particules sont indiquées au tableau A7-9.



Tableau A7-9 - Valeurs de porosité efficace appliquées aux unités géologiques

Unité géologique	Porosité efficace (-)
Aquifère libre et captif	0,25
Aquiclude (1 et 2)	0,2
Roc fracturé	0,01

5.0 VULNÉRABILITÉ DES EAUX DANS LES AIRES DE PROTECTION

Comme expliqué à la section 2.3 du rapport d'analyse de la vulnérabilité, la vulnérabilité des eaux souterraines dans les aires de protection des puits P-1, P-3, P-4, P-6, P-10 et P-12 exploitant les nappes libre et captive de l'aquifère granulaire a été évaluée avec la méthode de l'indice DRASTIC.

L'analyse des données spatialisées utilisées dans la modélisation numérique et les résultats générés, comme la piézométrie statique simulée, permettent d'estimer sur l'ensemble du domaine d'écoulement les valeurs des cotes des sept paramètres employés dans le calcul de l'indice DRASTIC. Une carte de distribution spatiale des cotes de chaque paramètre, dans l'aquifère libre et confiné, a été produite afin de comprendre leur influence sur les valeurs de l'indice DRASTIC calculées à l'échelle du modèle d'écoulement, selon la résolution du maillage numérique, 10 mètres x 10 mètres. Les références des cartes sont documentées au tableau A7-10. Par la suite, les cotes spatialisées associées à chaque paramètre de la méthode DRASTIC sont multipliées selon leur poids spécifique (tableau A7-10) et sont sommées spatialement pour calculer les valeurs de l'indice DRASTIC. Celles-ci sont montrées à la figure A7-20 pour les aquifères libre et confiné.

Tableau A7-10 - Paramètres et poids de la méthode DRASTIC et cartes associées

Paramètre	Poids	Carte (no.figure)
Profondeur (Indice D)	5	A7-13
Recharge (Indice R)	4	A7-14
Milieu aquifère (Indice A)	3	A7-15
Type de sol (Indice S)	2	A7-16
Topographie (Indice T)	1	A7-17
Vadose (Indice I)	5	A7-18
Conductivité hydraulique (Indice C)	3	A7-19

Le traitement des données spatialisées a été réalisé à l'aide du logiciel QGIS basé sur le système d'information géographique (SIG).

Les résultats du processus d'analyse de sensibilité sont montrés au tableau A7-6 ainsi que sous forme de graphiques à la figure A7-10. Trois critères d'erreur ont été utilisés afin de déterminer la sensibilité des paramètres de modélisation : la moyenne des erreurs (EM), la moyenne absolue des erreurs (EMA) et l'écart-carré moyen (RMSE).

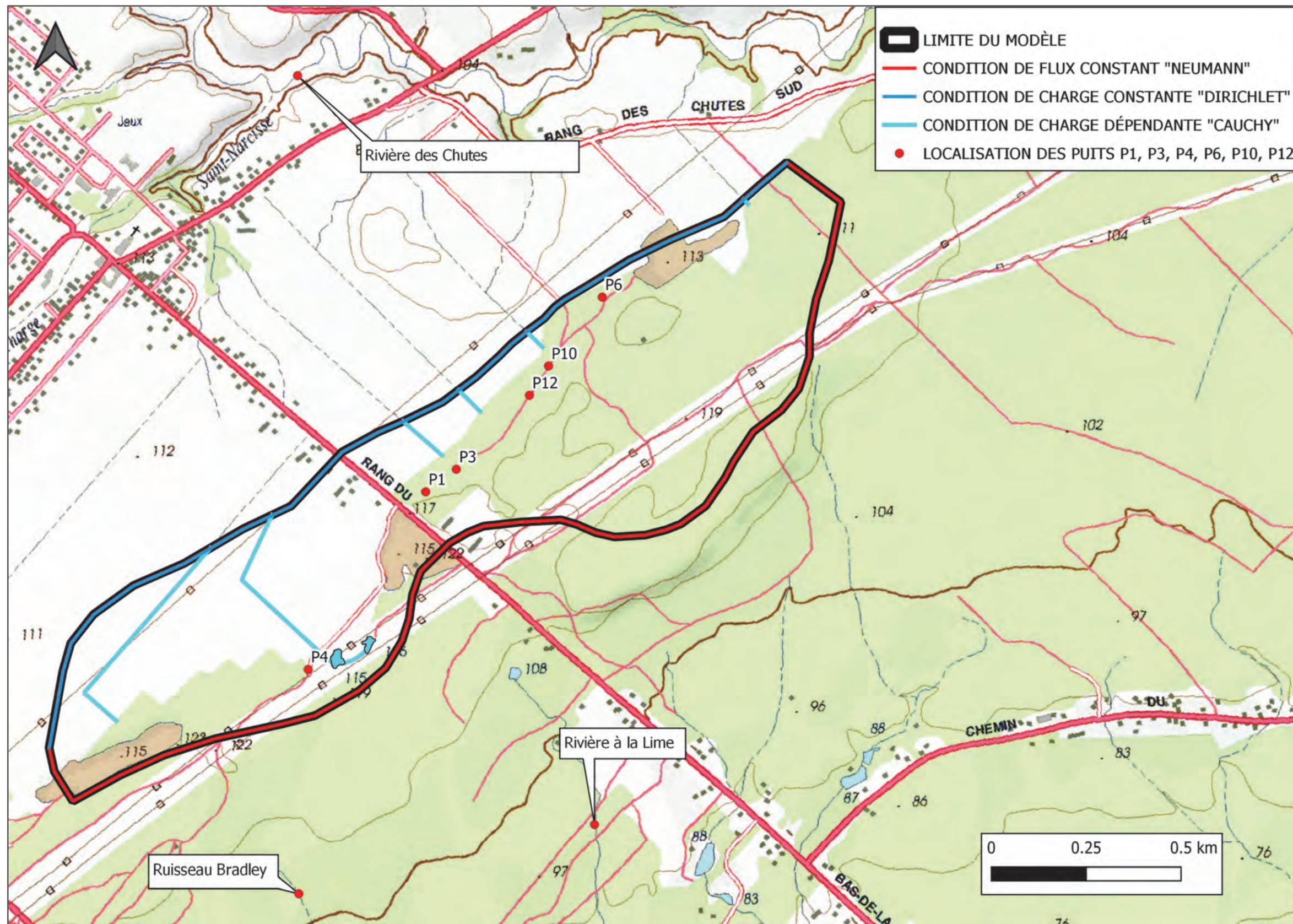


Figure A7-1 – Domaine d'écoulement modélisé et conditions limites

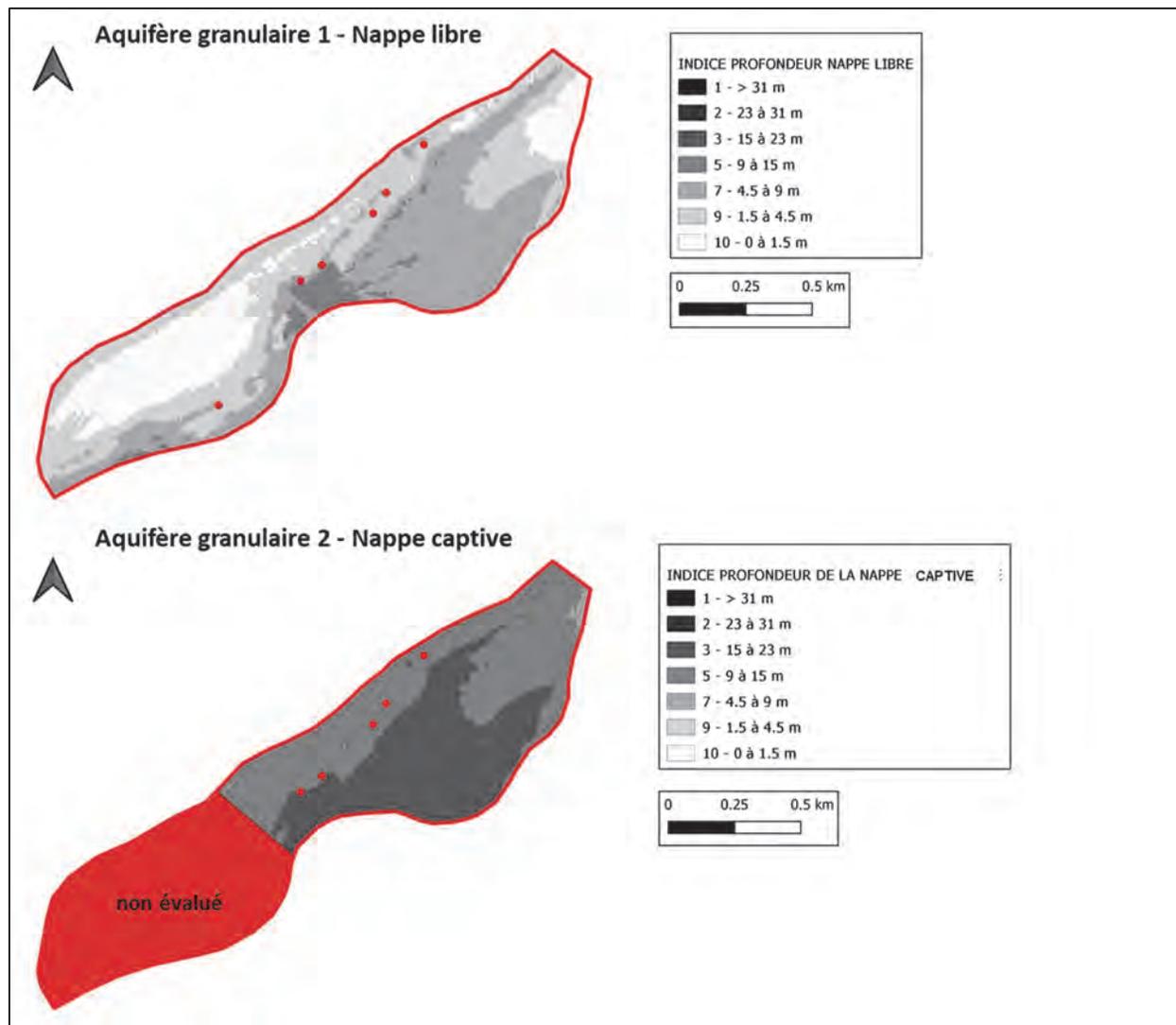


Figure A7-13 – Distribution spatiale du paramètre de la profondeur de la nappe libre et captive (Indice D)

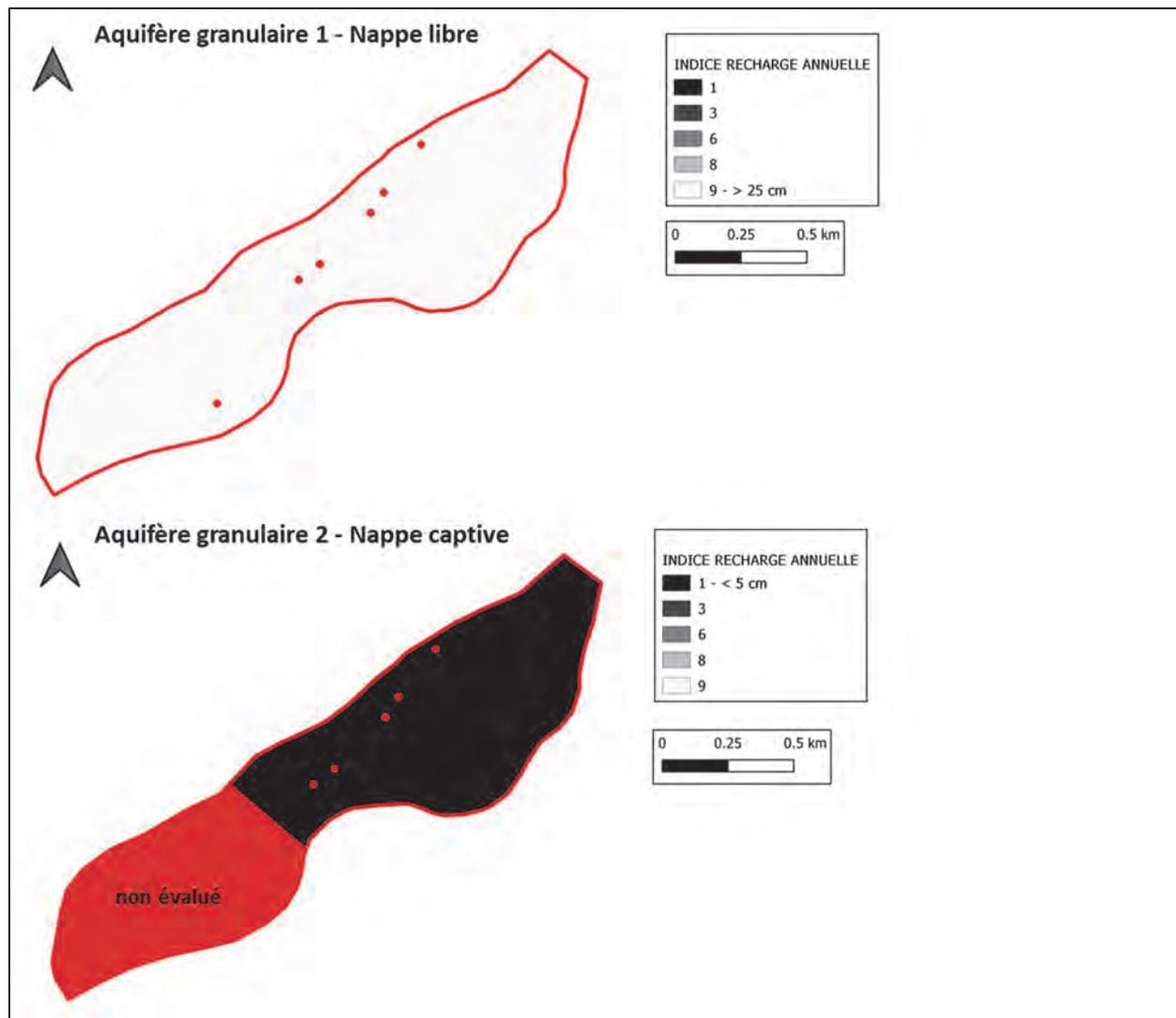


Figure A7-14- Distribution spatiale du paramètre de la recharge de la nappe libre et captive (Indice R)

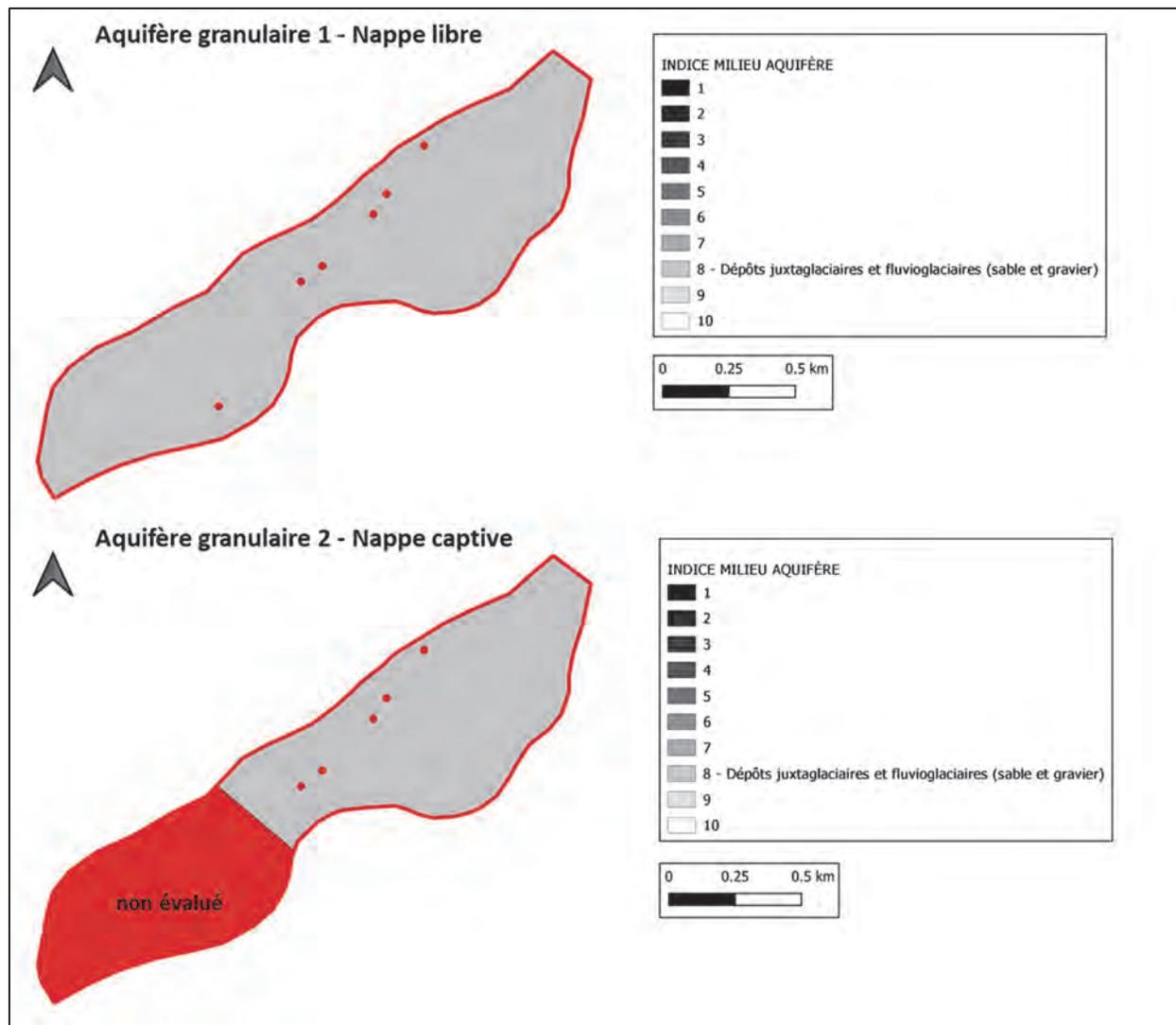


Figure A7-15 – Distribution spatiale du paramètre du milieu aquifère de la nappe libre et captive (Indice A)

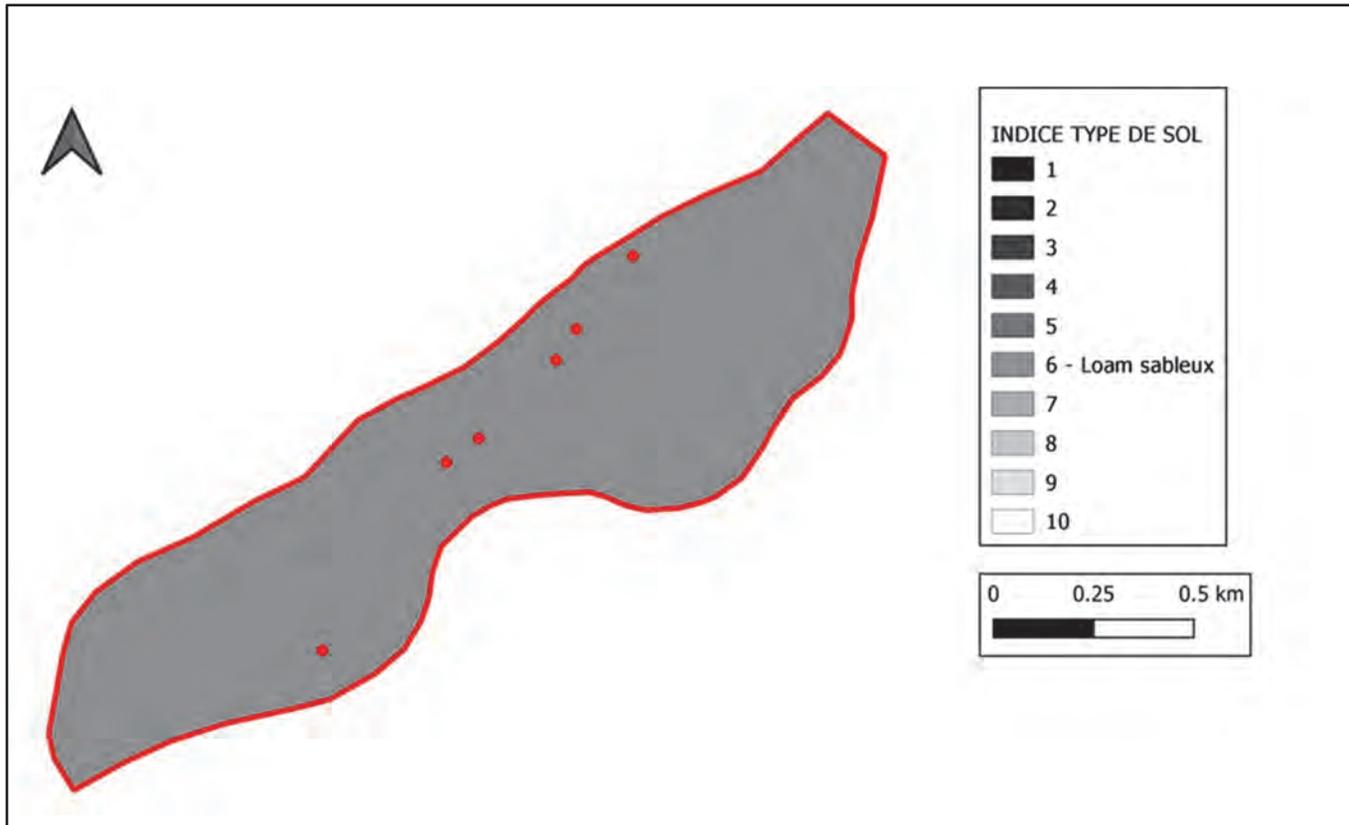


Figure A7-16 – Distribution spatiale du paramètre du type de sol (Indice S)

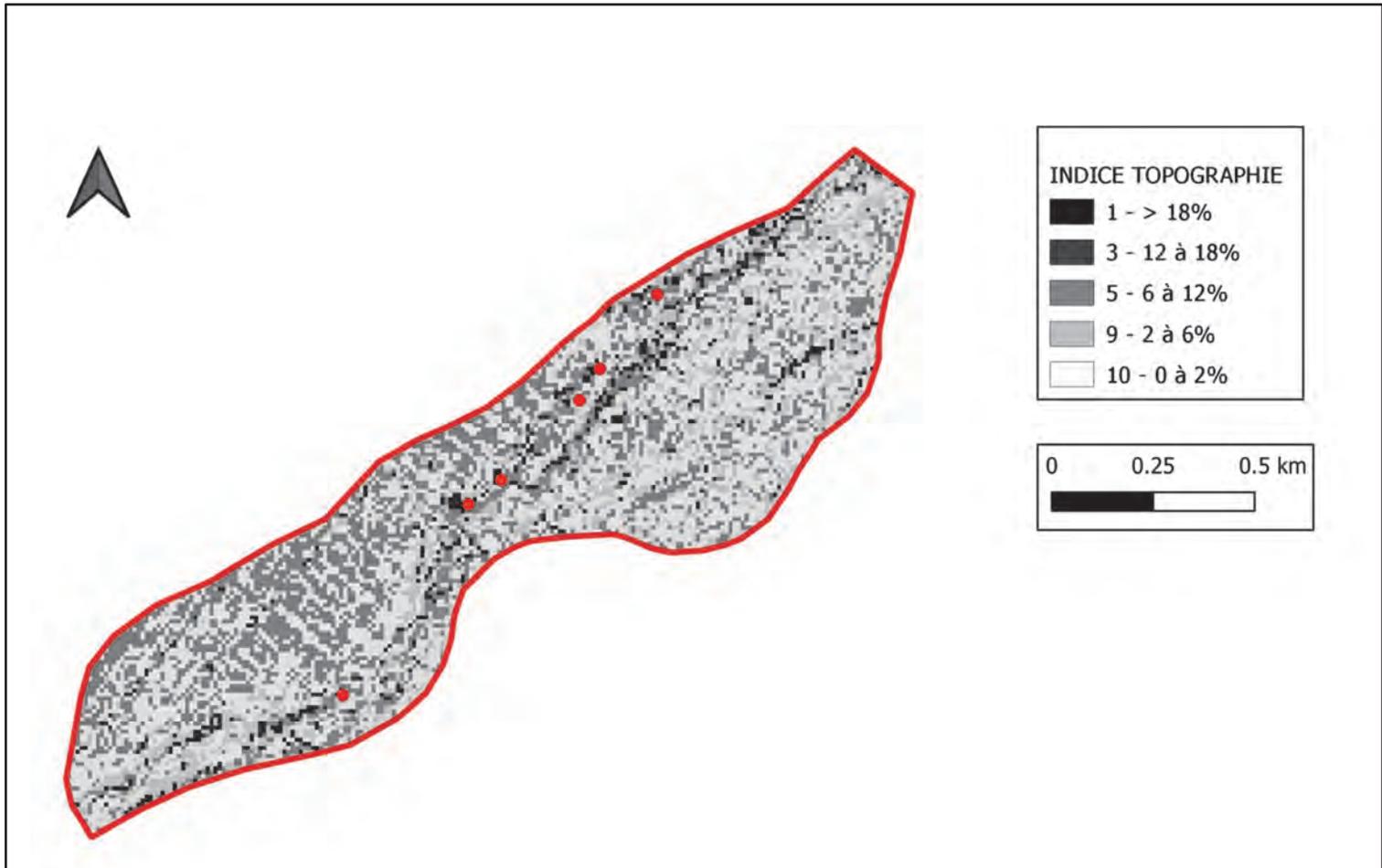


Figure A7-17 – Distribution spatiale du paramètre de la topographie (Indice T)

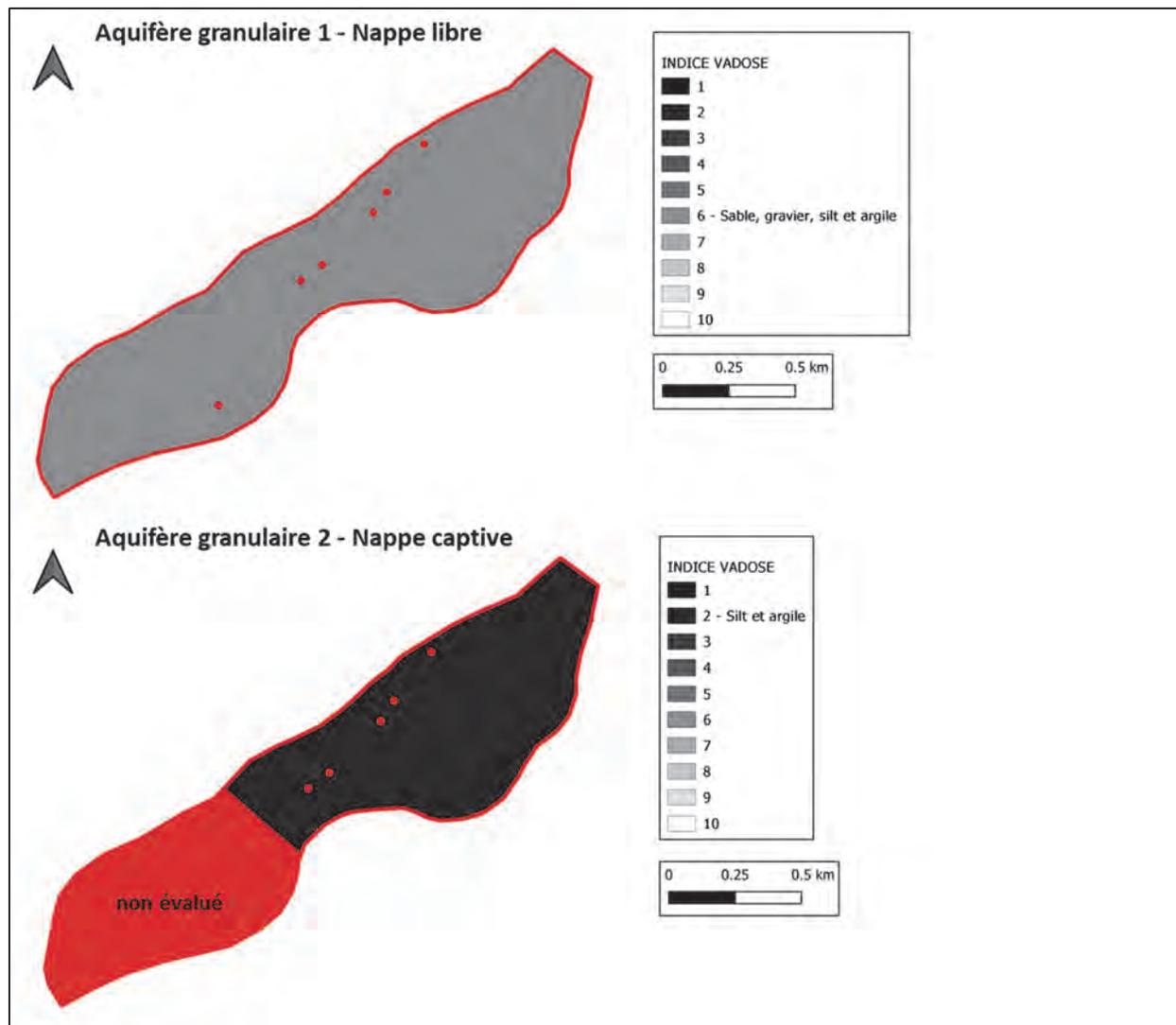


Figure A7-18 – Distribution spatiale du paramètre de la zone vadose de la nappe libre et captive (Indice I)

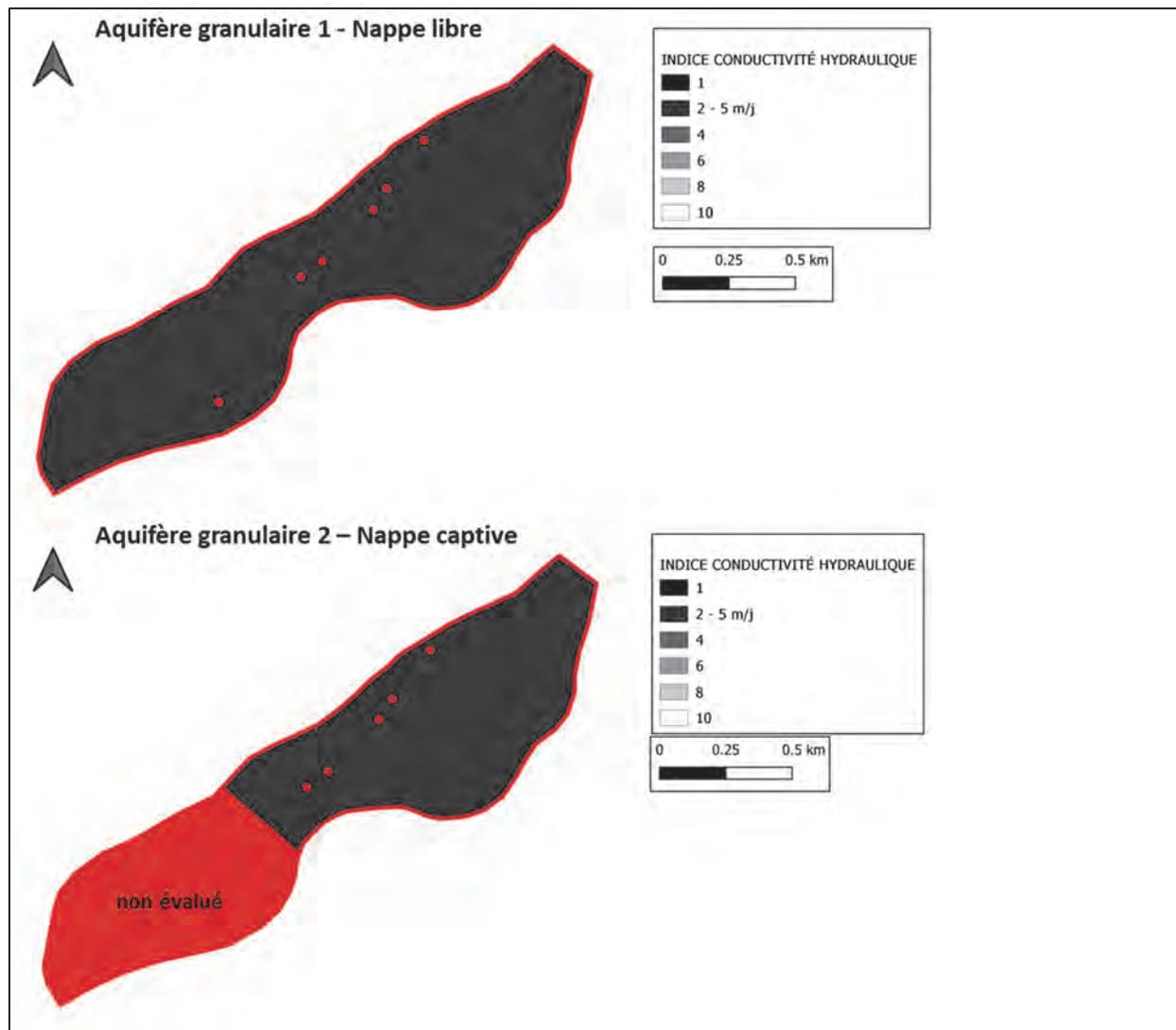


Figure A7-19 – Distribution spatiale du paramètre de la conductivité hydraulique de la nappe libre et captive (Indice C)

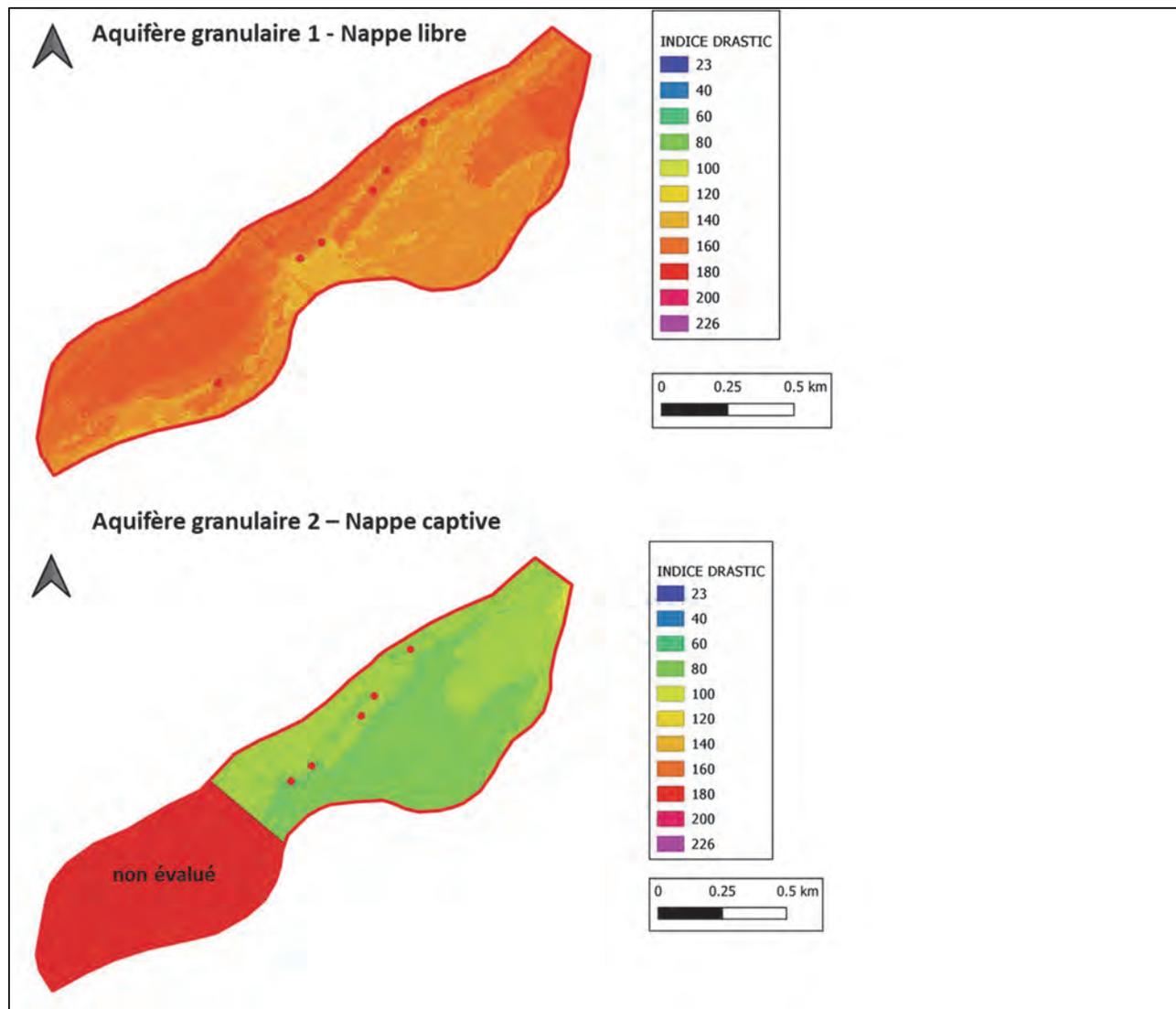


Figure A7-20 – Distribution spatiale de l'indice de vulnérabilité DRASTIC de la nappe libre et captive

Écocentre et points de dépôts municipaux : Données Québec

<https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/ecocentres-et-points-de-depot-municipaux>

Permis d'exploration pétrolière et gazière : Ministère de l'énergie et des ressources naturelles

<http://sigpeg.mrn.gouv.qc.ca/gpg/hydrocarbures/hydrocarbures.htm>

Puits pétrolier et gazier : Ministère de l'énergie et des ressources naturelles

<http://sigpeg.mrn.gouv.qc.ca/gpg/hydrocarbures/hydrocarbures.htm>

Pesticides eaux de surface et souterraine : Données Québec / Atlas interactif de la qualité des eaux

http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/Atlas_interactif/donnees_recentes/donnees_igbp.asp

Bilan de phosphore : Données Québec / Atlas des pressions sur le milieu aquatique

http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas_pression/agricoles/charge_phosphore.asp

Sites industriels et Effluents : Données Québec / Atlas des pressions sur le milieu aquatique

http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas_pression/industriels/sites_industriels.asp

Station d'épurations et ouvrage de surverse : Données Québec / Atlas des pressions sur le milieu aquatique

http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas_pression/municipale/stations_epuration.asp

Réseau ferroviaire : Adresse Québec

https://geoegl.msp.gouv.qc.ca/igo2/aperçu-qc/?context=mtq&visiblelayers=reseau_chfer_qc

Station de suivi de la Qualité de l'eau des rivières : Atlas interactif de la qualité des eaux et des écosystèmes aquatiques

http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/Atlas_interactif/stations/stations_rivieres.asp

Répertoire des sites d'équipements pétroliers

<https://www.rbq.gouv.qc.ca/domaines-d'intervention/equipements-petroliers/repertoire-des-sites-dequipements-petroliers.html>