



Appropriation des connaissances sur l'eau souterraine vers une intégration dans le schéma d'aménagement et développement

Essai-projet

Jimmy Mayrand

**Maîtrise en aménagement du territoire et développement régional
M.ATDR**

Québec, Canada

© Jimmy Mayrand, 2021

Appropriation des connaissances sur l'eau souterraine vers une intégration dans le schéma d'aménagement et de développement

Essai-projet

Jimmy Mayrand

Sous la direction de :

Roxane Lavoie, directrice de recherche, ESAD
René Lefebvre, codirecteur de recherche, INRS

Résumé

Cet essai s'intéresse à l'intégration de l'eau souterraine dans le schéma d'aménagement et de développement. Il vise à identifier les connaissances sur l'eau souterraine qui sont essentielles au schéma d'aménagement et de développement, à définir les besoins et les limites en matière d'eau souterraine auprès des acteurs du milieu et à proposer des éléments d'intégration de l'eau souterraine dans l'aménagement du territoire. La première section présente la méthodologie, soit les entretiens semi-dirigés auprès d'intervenants en aménagement ou en gestion intégrée de l'eau, la démarche d'accompagnement des MRC et la priorisation des zones de recharge à protéger. L'approche d'accompagnement est inspirée du modèle conceptuel de transfert des connaissances sur l'eau souterraine RisUP développé par le groupe de recherche ARIM'eau de l'UQAC. La seconde section présente les résultats de la démarche collaborative ainsi que les cartes d'indicateurs des conditions de l'eau souterraine utilisées pour la définition des enjeux, des blocages et des besoins des acteurs clés. La démarche collaborative a permis de définir des objectifs et d'identifier des actions potentielles à réaliser pour la protection des zones de recharge. Cette démarche s'est appuyée sur des données cartographiques, des proxys et une analyse des outils déjà disponibles en aménagement du territoire. La dernière section énonce des recommandations et discute des limites des travaux. Ce projet a permis de confirmer que l'accompagnement des aménagistes est nécessaire afin d'avoir une prise de décision proactive et une appropriation complète des enjeux sur l'eau souterraine en aménagement du territoire.

Mots clés : Gestion intégrée de l'eau, collaboration interdisciplinaire, eau souterraine, outils d'aide à la décision, aménagement du territoire, planification durable, gestion durable de l'eau souterraine

Abstract

This report documents a project related to the integration of groundwater into land-use planning. The project aimed to identify the specific information about information on groundwater that must be considered in land-use planning, to define the needs and limits of stakeholders about groundwater issues, propose the integration of groundwater into land-use planning and criteria to set priorities for the protection of recharge zones through land-use planning. The first section presents the methodology, i.e., interviews were carried out with stakeholders to land-use planning, the step accompanying approach of MRC and priorities of groundwater recharge zones to protect. The accompanying approach is inspired by the ARIM'eau research group with their RisUP conceptual model. The second section presents the results of the collaborative approach, the knowledge maps for the identification of issues, hindrances and needs of the key players. The accompanying approach allowed to get the objectives' proposition and potential actions to realize for the groundwater recharge zones to protect. To achieve this, the results integrate the basis of indicator maps, proxies, and an analysis of available land-use planning tools. The final section discusses the recommendations and limitations of the work. Overall, it was found that land-use planners have to be supported to allow proactive decision-making based on their full understanding of groundwater issues.

Key words: Integrated water management, interdisciplinary collaboration, groundwater, decision support tools, land-use planning, sustainable planning, sustainable groundwater management

Table des matières

Résumé	ii
Abstract.....	iii
Table des matières	iv
Liste des figures.....	vi
Liste des tableaux.....	vii
Liste des cartes.....	viii
Liste des annexes.....	ix
Liste des acronymes	x
Remerciements.....	xii
1. Introduction	1
1.1. Gestion durable de l'eau souterraine.....	1
1.2. Appropriation des connaissances.....	2
2. Méthodologie.....	5
2.1. Entrevues semi-dirigées.....	5
2.2. Démarche d'accompagnement pour l'intégration de l'eau souterraine dans le schéma d'aménagement et de développement	6
2.2.1. Avant la collaboration	6
2.2.2. La démarche initiale.....	8
2.2.3. Le modèle de collaboration.....	9
2.2.4. La cartographie.....	10
2.2.5. Détermination des enjeux et objectifs	11
3. Résultats	15
3.1. Les contraintes et besoins identifiés par les aménagistes.....	15
3.2. Objectifs, actions et aménagement	18
3.3. Cartographie à l'enjeu	23
4. Discussion.....	43
4.1. Perception des connaissances sur l'eau souterraine	43
4.2. De l'action à l'intégration	43
4.3. Limite du processus	44
4.4. Recommandations	46
Bibliographie.....	51
Annexes.....	53

Annexe 1 - Les outils pour l'aménagement.....	53
Annexe 2 - Gabarit du questionnaire des entrevues auprès des acteurs clés.....	54
Annexe 3 - Démarche cartographique	57
Annexe 4 - Volet cartographie	59

Liste des figures

Figure 1. Schéma représentant le processus de collaboration et les étapes suivies.....	7
Figure 2. Schéma du groupe de recherche ARIM'eau de l'UQAC représentant le modèle RisUp sur le processus de collaboration et de transfert de connaissance sur l'eau souterraine (Walter et al., 2021e).	8
Figure 3. Processus méthodologique de la détermination du type d'enjeu, du niveau de priorité et du diagnostic des enjeux sur l'eau souterraine.	13
Figure 4. Graphique représentant les contraintes ressorties lors des entrevues.....	15
Figure 5. Graphique représentant les différentes cartes utilisées pour les eaux souterraines.....	17

Liste des tableaux

Tableau 1. Liste d'actions potentielles pour la gestion intégrée de l'eau souterraine. Classement par objectif suivi des actions envisageables. La présentation des mécanismes applicables en aménagement du territoire pour une mise en œuvre ainsi que l'explication du rôle des MRC pour l'action.....	19
Tableau 2. Cartes produites et utilisées pour la définition des enjeux sur l'eau souterraine. Chaque carte est expliquée par ce qu'elle représente, comment la carte a été produite, comment se servir de la carte et la situation locale du territoire de la MRC Coaticook.	28
Tableau 3. Tableau des cartes produites et utilisées pour la détermination des enjeux sur l'eau souterraine. Chaque carte est expliquée par ce qu'elle représente, comment la carte a été produite, comment se servir de la carte et la situation locale du territoire de la MRC du Val-Saint-François.	32
Tableau 4. Outils potentiels pour l'aménagement du territoire afin de prendre en considération les enjeux d'eau souterraine.	36
Tableau 5. Outils règlementaires potentiels pour l'aménagement du territoire afin de prendre en considération les enjeux sur l'eau souterraine.	38
Tableau 6. Relation avec l'usage à protéger et les conditions problématiques potentielles dans la zone à prévenir ou à encadrer auprès de la MRC de Coaticook.	40
Tableau 7. Relation avec l'usage à protéger et les conditions problématiques potentielles dans la zone à prévenir ou à encadrer auprès de la MRC du Val-Saint-François.	41

Liste des cartes

Carte 1. Mosaïque de cartes permettant la définition des enjeux sur le territoire de la MRC de Coaticook.	24
Carte 2. Mosaïque de cartes permettant la définition des enjeux sur le territoire de la MRC du Val-Saint-François.	25
Carte 3. Zones de recharge à protéger pour le territoire de la MRC de Coaticcok.	26
Carte 4. Zones recharge à protéger pour le territoire de la MRC du Val-Saint-François.	26

Liste des annexes

Figure A1. 1. Tableau des normes applicables à l'usage résidentiel de faible à moyenne densité. (Extrait : Gouvernement du Québec, 2016)	53
Figure A2.1. Gabarit du questionnaire des entrevues auprès des acteurs clés.....	55
Figure A4.1. Cartographie de la piézométrie de la MRC de Val-Saint-François.....	60
Figure A4.2. Cartographie de la piézométrie de la MRC de Coaticook.....	61
Figure A4.3. Cartographie de la densité des puits de la MRC de Val-Saint-François.....	62
Figure A4.4. Cartographie de la densité des puits de la MRC de Coaticook	63
Figure A4.5. Cartographie de l'affectation du territoire de la MRC de Coaticook.....	64
Figure A4.6. Cartographie de l'affectation du territoire de la MRC de Val-Saint-François.....	65
Figure A4.7. Cartographie du Confinement de l'aquifère au rocheux de la MRC de Coaticook.	66
Figure A4.8. Cartographie du Confinement de l'aquifère au rocheux de la MRC de Val-Saint-François.....	67
Figure A4.9. Cartographie de l'indice de pression de l'occupation du sol par rapport au confinement de l'aquifère rocheux de la MRC de Coaticook.....	68
Figure A4.10. Cartographie de l'indice de pression de l'occupation du sol par rapport au confinement de l'aquifère rocheux de la MRC de Val-Saint-François.	69
Figure A4.11. Cartographie de l'occupation du sol de la MRC de Coaticook.	70
Figure A4.12. Cartographie de l'occupation du sol de la MRC de Val-Saint-François.....	71
Figure A4.13. Cartographie de la concentration en mg par L de l'arsenic sur le territoire de la MRC de Coaticook.....	72
Figure A4.14. Cartographie de la concentration en mg par L de l'arsenic sur le territoire de la MRC de Val- Saint-François.....	73
Figure A4.15. Cartographie de la concentration en mg par L de manganèse sur le territoire de la MRC de Coaticook.....	74
Figure A4.16. Cartographie de la concentration en mg par L de manganèse sur le territoire de la MRC de Val- Saint-François.....	75
Figure A4.17. Cartographie de la localisation et de la concentration de puits privés, municipaux ou échantillonnage sur le territoire de la Coaticook.	76
Figure A4.18. Cartographie de la localisation et de la concentration de puits privés, municipaux ou échantillonnage sur le territoire de la Val-Saint-François.....	77
Figure A4.19. Cartographie d'enjeux du territoire de la MRC de Coaticook.	78
Figure A4.20. Cartographie d'enjeux du territoire de la MRC de Val-Saint-François.....	79
Figure A4.21. Carte synthèse du territoire de la MRC de Coaticook.	80
Figure A4.22. Carte synthèse du territoire de la MRC de Val-Saint-François.....	81

Liste des acronymes

COGESAF	Conseil de gouvernance de l'eau des bassins versants de la rivière Saint-François
GRADE	Groupe de recherche en Aide à la Décision environnementale
INRS	Institut national de la recherche scientifique
MAMH	Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MRC	Municipalité régionale de comté
OBV	Organisme de bassin versant
OGAT	Orientation gouvernementale en matière d'aménagement du territoire
PACES	Programme d'acquisition de connaissances sur l'eau souterraine
PDE	Plan directeur de l'eau
RQES	Réseau québécois sur les eaux souterraines
SAD	Schéma d'aménagement et développement

*« Boucler la boucle entre les orientations, là,
qui sont très larges, et le citoyen qui habite,
qui vit, qui aime, qui grandit sur son
territoire. »*

Florence Ferraris, Vers une stratégie
nationale d'urbanisme et d'aménagement du
territoire.
Podcast En chantier de Vivre en ville (2021)

Remerciements

Je tiens à remercier Mme Roxane Lavoie, professeure à l'Université Laval, en tant que directrice de l'essai-projet, pour l'opportunité qu'elle m'a offerte, pour l'aide qu'elle a fournie et les connaissances qu'elle a su me transmettre. Je la remercie également pour sa disponibilité et la qualité de ses conseils. Je tiens aussi à remercier M. René Lefebvre, professeur à l'Institut national de la recherche scientifique. En tant que codirecteur de l'essai-projet, il m'a guidé dans mon travail et m'a aidé à trouver des solutions pour avancer.

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères au corps professoral et administratif de la Faculté d'Aménagement, d'Architecture, d'Art et de Design pour la richesse et la qualité de leur enseignement. Ils déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Je remercie également Mme Julie Grenier, coordonnatrice de projets à l'OBV COGESAF, pour sa précieuse collaboration et ses conseils sur l'importance de l'organisme de bassin versant et le choix du vocabulaire.

Je désire aussi remercier Mme Karine Bonneville, Mme Marie-Claude Bernard et Mme Julie Poulin, aménagistes de MRC en Estrie, pour leurs précieuses collaborations et pour avoir accepté de se prêter au jeu de cette démarche collaborative pour l'intégration des connaissances de l'eau souterraine dans les schémas d'aménagement et de développement.

Je remercie l'équipe du laboratoire du GRADE pour avoir répondu à mes questions. Je remercie l'équipe de l'INRS du projet PACES Estrie pour leur collaboration en me fournissant des données sur le projet PACES.

Un grand merci à ma mère et mon père, pour leur amour, leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel, à la fois moral et économique, qui m'a toujours permis de réaliser les études que je voulais et par conséquent cet essai.

Je tiens à remercier ma sœur Jessy-Lew Mayrand pour sa précieuse aide dans la conception graphique de mes illustrations.

Enfin, je tiens à remercier mon ancien collègue, M. Tristan Caron, pour sa précieuse aide à la relecture et aux commentaires apportés au mémoire.

1. Introduction

1.1. Gestion durable de l'eau souterraine

La ressource en eau souterraine offre plusieurs avantages par rapport à l'eau de surface. En effet, elle est naturellement de meilleure qualité, car elle est mieux protégée de l'ensemble des pressions des contaminants anthropiques. Ainsi, les coûts de potabilisation de l'eau souterraine sont nettement inférieurs aux coûts de traitement de l'eau de surface. Cela permet aux municipalités de petite taille d'offrir une eau de qualité à moindre coût à leurs citoyens. D'ailleurs, en 2009, un comité d'experts sur l'eau souterraine au Canada constatait que cette ressource approvisionnait plus de 80 % de la population rurale canadienne et alimentait 30 % de la population du Canada, soit environ 10 millions de Canadiens (CCA, 2009). Dans plusieurs régions du pays, l'approvisionnement en eau souterraine est la seule ressource en eau potable accessible pour le territoire rural (CCA, 2009). Au Québec, l'eau souterraine est la source d'approvisionnement pour 90 % du territoire habité et alimente 25 % de la population en eau potable (MELCC, 2021).

Obtenir de l'eau de qualité et en quantité joue un rôle important dans différentes sphères économiques, sociales, et environnementales (Lachassagne, 2020 ; Zhao et al., 2018). Or, cette ressource est vulnérable à de nombreux aléas. En effet, en plus de l'augmentation des pressions anthropiques (domestiques, agricoles et industrielles), les effets des changements climatiques sur la ressource en eau peuvent accélérer sa dégradation à long terme (CCA, 2009 ; Zhao et al., 2018). Ceux-ci affecteront aussi certainement le régime de pluviométrie et des précipitations neigeuses, ce qui aura un impact sur les zones de recharge (CCA, 2009 ; Mechlem, 2016). Ce phénomène ajoute une raison supplémentaire de munir les municipalités, les MRC et le gouvernement d'outils de planification et de plans de gestion durable de la ressource en eau souterraine. De plus, l'épuisement de la ressource force plusieurs pays à se doter de cadres législatifs ou de programmes d'encadrement de l'exploitation pour ultimement établir des plans de gestion durable de l'eau souterraine (Flindt Jørgensen et al., 2016 ; Gage & Milman, 2021 ; Mechlem, 2016). D'ailleurs, en 2009, le comité d'experts sur les eaux souterraines au Canada fait état de la gestion durable de la ressource au Canada et souligne l'importance d'avoir une gestion locale, régionale et provinciale de l'eau souterraine (CCA, 2009). Cependant, malgré les bonnes volontés gouvernementales, aucune des provinces du Canada ne possède de plan de gestion durable de l'eau souterraine (CCA, 2009). Il faut toutefois noter que le Québec, avec l'Ontario, possède l'une des réglementations les plus strictes sur l'approvisionnement en eau potable au Canada. En effet, le *Règlement sur la qualité de l'eau potable* est entré en vigueur en 2002 à la suite d'une catastrophe de santé publique, soit la contamination d'un puits municipal à Walkerton en Ontario par *E. coli* en 2000 (CCA, 2009). Le Québec a quant à lui appliqué plusieurs mesures visant la conservation, la protection et la mise en valeur des milieux humides et hydriques: le *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (RPEP) entré en vigueur en 2014, la *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* entrée en vigueur en 2018 et le projet de loi 67, publié en 2020, qui instaure un nouveau régime d'aménagement dans les zones inondables des lacs et des cours d'eau (Gouvernement du Québec, 2021). Pourtant, il n'y a que peu ou pas de réglementation qui encadre la gestion et la protection de l'eau

souterraine à l'échelle régionale. En effet, les outils énumérés visent les milieux humides et hydriques de surface. Seul le RPEP traite de l'eau souterraine, mais uniquement pour la caractérisation des zones de captage pour les puits approvisionnant 20 personnes ou plus. Or, le cadre légal joue, selon Mechlem (2016), un rôle crucial dans la gouvernance de l'eau souterraine et doit donc être complémentaire à la science et aux politiques.

Afin d'assurer une réelle gestion durable des ressources en eau souterraine, le comité d'experts du CCA (2009) recommande l'atteinte des objectifs suivants : (1) protéger les sources en eau souterraine contre l'épuisement ; (2) maintenir la qualité de l'eau souterraine en la protégeant contre la contamination ; (3) préserver la viabilité des écosystèmes ; (4) parvenir à un bien-être socio-économique en maintenant les usages de l'eau souterraine ; et (5) appliquer les principes de bonne gouvernance. Bref, la bonne gestion de l'eau souterraine est importante puisqu'elle assure la pérennité de la ressource pour les générations actuelles et futures (White et al., 2016).

1.2. Appropriation des connaissances

Avant d'être en mesure d'établir un plan de gestion durable de l'eau souterraine sur le territoire du Québec, plusieurs étapes initiales sont nécessaires : une acquisition des connaissances, le transfert des connaissances, l'appropriation des connaissances et la détermination des actions et des orientations sur l'eau souterraine (RQES, 2021). Cet essai tente de répondre aux besoins des instances régionales en termes de compréhension des enjeux sur l'eau souterraine. Ces instances ont notamment besoin d'être orientées dans la multitude d'informations disponibles qui a été acquise dans le temps par différents programmes de recherche.

L'acquisition du savoir sur les eaux souterraines du Québec a été faite principalement dans le cadre du Programme d'acquisition des connaissances sur l'eau souterraine (PACES), initié par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC, 2011). Avant ce programme, très peu d'informations sur les eaux souterraines étaient disponibles au Québec. Aujourd'hui, la majorité du territoire du Québec méridional possède une information hydrogéologique de grande qualité. La quantité phénoménale d'information présente et future sur l'eau souterraine apporte toutefois son lot de défis pour les acteurs du milieu : gestion de données, accès aux données, compréhension de l'information, etc. De plus, les acteurs ne possèdent pas toujours les expertises requises pour comprendre les notions sur l'eau souterraine. D'autres défis ont également été identifiés. Autre que les volumes immenses d'information, Lavoie et al. (2013) énumèrent une multitude de contraintes à l'instauration des connaissances sur les eaux souterraines dans la planification territoriale, notamment le manque de directives gouvernementales.

Ce rapport se consacre à l'identification du type d'information qui apparaît comme essentielle pour l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine dans les pratiques d'aménagement. Les aménagistes et les acteurs clés doivent être en mesure de sélectionner l'information pertinente pour la planification territoriale (Lavoie et al., 2013). Afin de

combler ce manque de connaissances, le réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES) joue un rôle important auprès des acteurs de l'eau. L'objectif de ce réseau est le transfert des connaissances produites dans le cadre du PACES vers les acteurs qui jouent un rôle clé dans la gouvernance et la gestion des eaux au Québec, dont les organismes de bassin versant (OBV), les municipalités et les municipalités régionales de comté (MRC) (RQES, 2021). Le comité ARIM'eau, qui fait partie du centre d'études sur les ressources naturelles (CERM) de l'UQAC, a aussi réalisé des projets de transfert de connaissances sur les eaux souterraines avec les différentes MRC du Saguenay-lac Saint-Jean. Ce comité a développé un processus (RISUp) se réalisant en six étapes allant de la production des données et des connaissances sur l'hydrogéologie jusqu'à l'accompagnement de la détermination des actions à réaliser face aux conditions du territoire (Walter et al., 2021). D'ailleurs, des cas similaires d'accompagnement ont été réalisés par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) pour le plan régional des milieux humides et hydriques (PRMHH). Le ministère a mis en place une plateforme qui aide les acteurs à faire l'élaboration du plan (MELCC, 2021). Cette plateforme web présente des plans, des guides, des liens web, etc., mais il y a un manque sur le volet de l'eau souterraine.

C'est dans cette perspective de contribution et de sensibilisation auprès des acteurs clés du milieu que l'essai propose une démarche dans la sélection des données sur l'eau souterraine qui sont pertinentes à intégrer dans le schéma d'aménagement et de développement, tout en tenant compte de l'atteinte des principes de gestion durable énumérés à la section précédente. Les travaux suivent une démarche collaborative avec la participation de deux MRC de la région administrative de l'Estrie, soit la MRC de Val-Saint-François et la MRC de Coaticook. Nos travaux se déroulent en parallèle avec la réalisation d'un projet PACES couvrant la majeure partie de l'Estrie, incluant les deux MRC concernées. Le projet PACES fournit les connaissances sur les ressources en eau souterraine en Estrie (Lefebvre et al. 2019; Huchet et al., 2020).

L'objectif principal de cet essai est l'appropriation des connaissances sur les eaux souterraines afin d'en assurer l'intégration dans les schémas d'aménagement et développement. La réalisation de l'objectif principal implique l'atteinte de quatre objectifs spécifiques avec la réalisation d'un guide de procédure (annexe 2) :

1. Identifier les connaissances sur les eaux souterraines qu'il est essentiel d'intégrer dans un schéma d'aménagement et de développement ainsi que les mesures et les outils disponibles pour ce faire ;
2. Identifier les besoins et les contraintes en matière d'eau souterraine auprès des acteurs clés ;
3. En fonction des enjeux reliés à l'eau souterraine dans cette région, proposer des éléments à intégrer dans le SAD qui contribuent à la pérennité de l'exploitation de l'eau souterraine dans une MRC de l'Estrie ;
4. Réaliser un protocole afin de supporter les intervenants en aménagement du territoire dans l'intégration des eaux souterraines dans la planification territoriale.

L'essai comprend trois sections et chacune est divisée en trois sous-sections. L'essai fait d'abord la présentation de la méthodologie des entrevues auprès des acteurs, suivie de la démarche de réalisation du guide et, pour finir, de la démarche d'accompagnement auprès des aménagistes. La seconde section fait état des résultats en trois parties : les objectifs et les actions à atteindre pour l'eau souterraine, la présentation de la cartographie et les résultats des entrevues. Dans la dernière section, une discussion aborde la perception des acteurs clés sur les connaissances de l'hydrogéologie, la mise en application de l'intégration de ces connaissances dans la planification territoriale et les limites du processus. Enfin, des recommandations sont formulées.

2. Méthodologie

La méthodologie de recherche a impliqué trois étapes. La première consistait en la tenue d'entrevues semi-dirigées avec des acteurs clés. La deuxième visait l'élaboration d'un guide de procédure pour l'appropriation des connaissances sur les eaux souterraines dans les SAD avec deux MRC de la région administrative de l'Estrie. La dernière, quant à elle, visait l'élaboration de la démarche participative avec les MRC.

2.1. Entrevues semi-dirigées

L'étude a débuté par des entrevues semi-dirigées auprès des acteurs clés au sujet des considérations relatives à l'eau souterraine dans le schéma d'aménagement. Ce type de collecte de données a permis d'avoir des questions préétablies et de compléter et de valider une information provenant de différentes sources. Par ailleurs, ce type d'entrevues a donné accès aux perceptions et aux opinions des répondants. Nous ne visions pas une représentativité des différents contextes québécois, mais plutôt une meilleure compréhension des obstacles et des opportunités pour la protection de l'eau souterraine par la planification territoriale. Ainsi, les participants aux entrevues ont été sélectionnés selon les critères suivants :

- L'acteur doit avoir travaillé soit sur le SAD ou le PDE ;
- L'acteur doit avoir intégré des connaissances sur les eaux souterraines dans l'un ou l'autre des deux plans.

Les règles suivies pour les précautions éthiques étaient celles du Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université Laval (CÉRUL). Chaque entretien était enregistré avec le consentement du participant.

Les MRC et les OBV ayant réalisé un exercice d'intégration des connaissances sur l'eau souterraine ont d'abord été identifiées grâce aux contacts du Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES). D'autres ont été sélectionnés à la suite d'une revue non exhaustive de schémas d'aménagement et de développement des MRC du Québec. Une invitation a été transmise à sept organismes dont cinq ont répondu positivement. Lors des entretiens, l'ajout de deux MRC supplémentaires a complété le nombre d'entrevues prévu initialement, pour un total de sept.

La distribution territoriale des participants aux entretiens se retrouvait dans les régions administratives de l'Estrie (3), de la Montérégie (1), du Centre-du-Québec (1), de Lanaudière (1) et de l'Outaouais (1). Les entretiens semi-dirigés duraient de 60 à 90 minutes et une seule rencontre était organisée. Habituellement, l'entretien se déroulait un à un en visioconférence. Cependant, à deux reprises les acteurs étaient accompagnés d'un ou d'une collègue pour un total de neuf individus rencontrés au total. À ces occasions, les propos des deux individus étaient considérés ensemble comme représentatifs de l'organisme. Une fois l'entrevue réalisée, un verbatim était rédigé. Par la suite, une analyse par catégorisation des propos a permis de faire ressortir les éléments récurrents et pertinents pour atteindre l'objectif de l'essai. Les propos des acteurs ont été classés dans trois catégories : les contraintes, les outils et les besoins. Quelques

catégories possédaient des sous-catégories afin d'améliorer l'analyse des entrevues. Plus précisément, les sous-catégories concernant les contraintes correspondaient à l'aspect législatif, l'échelle spatiale, le niveau technique, l'aspect organisationnel, politique et économique. Alors que la catégorie outils est divisée en trois sous-aspects : les outils cartographiques, les outils d'aménagement et les outils règlementaires. À la suite de l'analyse, les résultats ont été colligés dans un tableur Excel pour la représentation des résultats en figures et en tableaux. La compilation des occurrences a été réalisée à partir de ces résultats. Lorsqu'un participant utilisait des termes sur certains aspects qui correspondaient aux catégories, la catégorie s'additionnait afin de connaître le nombre de participants qui exprimait ces propos. Sept occurrences était le nombre maximal pouvant être atteint.

2.2. Démarche d'accompagnement pour l'intégration de l'eau souterraine dans le schéma d'aménagement et de développement

2.2.1. Avant la collaboration

Un schéma méthodologique (voir figure 1) illustrant le processus de la collaboration présente chacune des étapes abordées dans les sections qui suivent. Des étapes préalables (numérotées « 0 ») ont précédé le travail de recherche. L'étape 0A définit la problématique à laquelle l'essai tente de répondre tout au long de ce document alors que l'étape 0B formule l'objectif général. La première étape des travaux (01) avait pour fonction de recueillir l'information via un travail de recherche, d'analyse et des entrevues, afin de prendre pleinement conscience de la situation menant aux difficultés d'intégration de l'eau souterraine dans les SAD (voir figure 1, étape 1). Notamment, trois étapes ont été réalisées avant la prise de contact auprès des MRC participantes. D'abord, une revue de littérature a été faite afin de connaître la situation, les techniques, outils et mesures de protection de l'eau souterraine au niveau mondial. Ensuite, une analyse du cadre réglementaire et des outils de planification territoriale a été réalisée à l'échelle de la province. Cette analyse a permis de sélectionner les outils et règlements qui pourraient potentiellement servir à l'intégration de l'eau souterraine au SAD. Enfin, les entrevues semi-dirigées ont été réalisées pour mieux comprendre la situation au Québec sur l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine, le tout auprès de gestionnaires, d'aménagistes ou d'urbanistes au sein de MRC ou d'OBV. Ces personnes rencontrées en entrevues étaient avant-gardistes au niveau de la protection de l'eau souterraine.

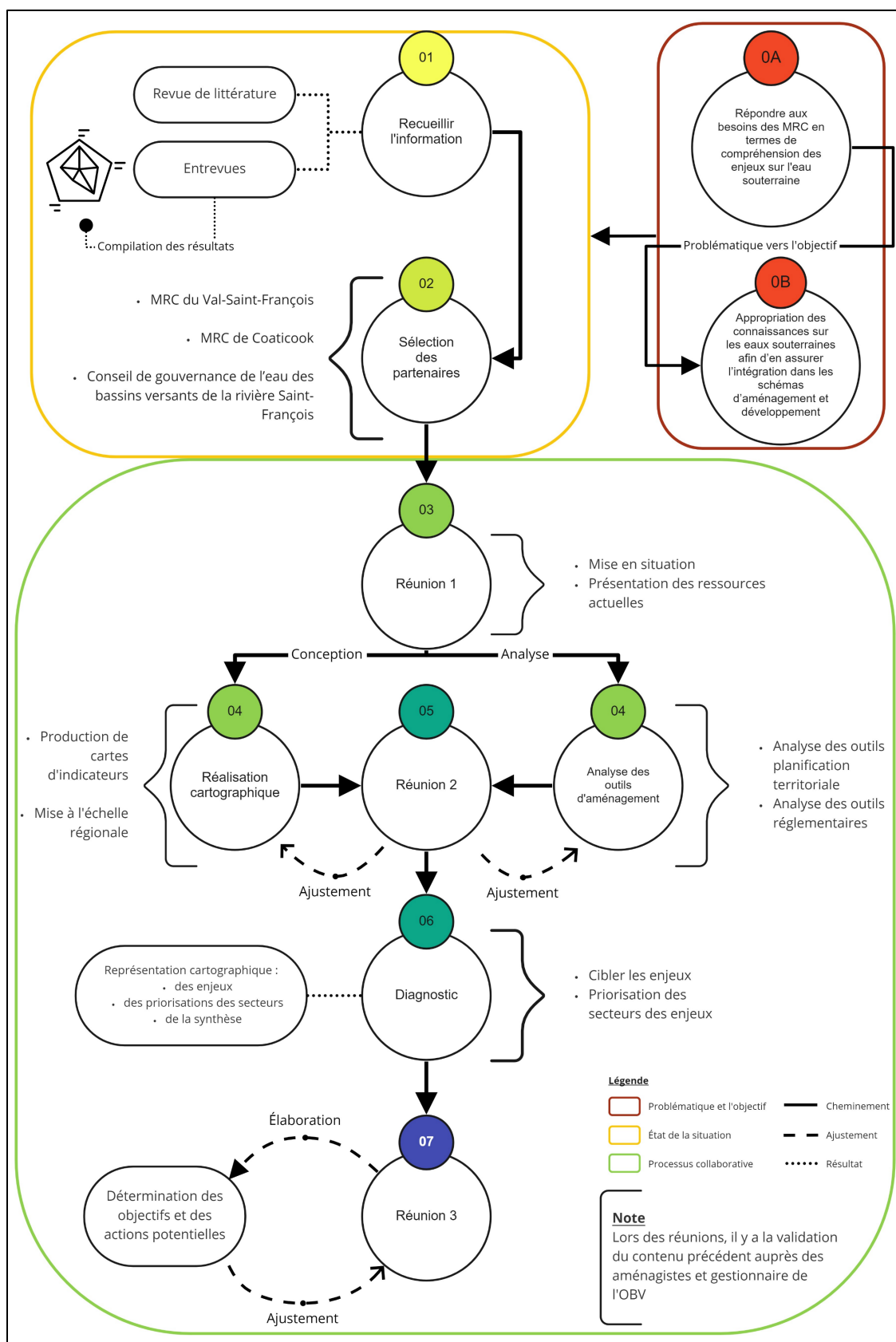


Figure 1. Schéma représentant le processus de collaboration et les étapes suivies.

2.2.2. La démarche initiale

Initialement le processus collaboratif sur l'intégration de l'eau souterraine s'est inspiré d'un modèle déjà existant, soit le modèle méthodologique RisUp du groupe de recherche ARIM'eau de l'UQAC (figure 2).

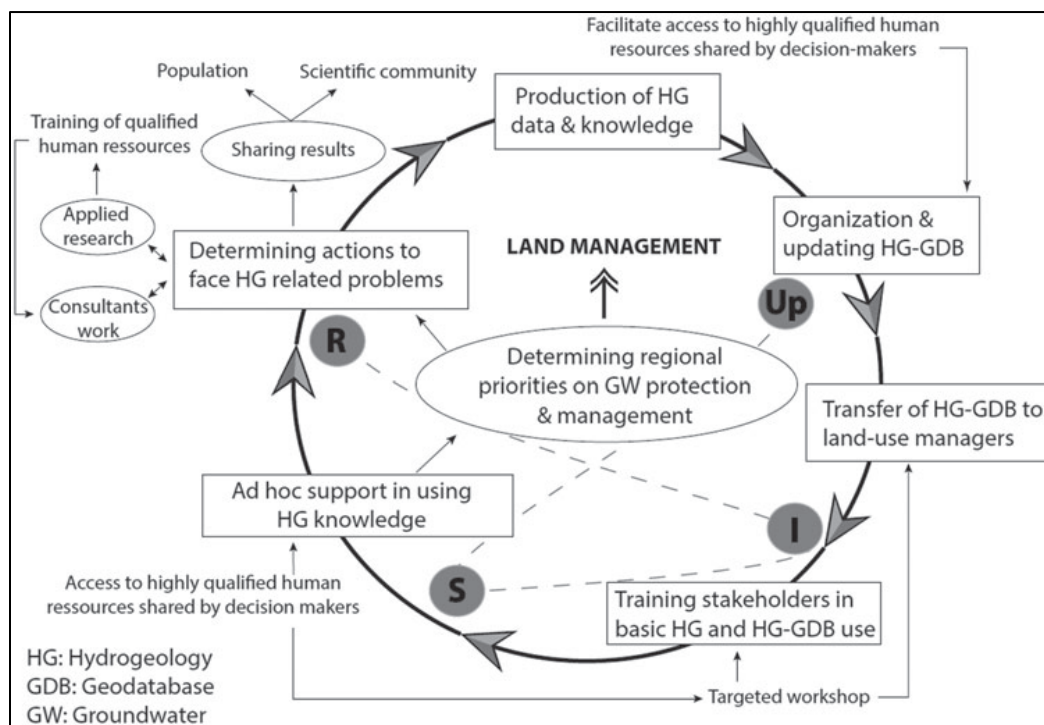


Figure 2. Schéma du groupe de recherche ARIM'eau de l'UQAC représentant le modèle RisUp sur le processus de collaboration et de transfert de connaissance sur l'eau souterraine (Walter et al., 2021e).

Ce modèle comprend 6 étapes constituant le processus d'arrimage des connaissances sur les eaux souterraines dans la planification territoriale :

1. La production des données et des connaissances sur les eaux souterraines ;
2. L'organisation et mise à jour des bases de données hydrogéologiques (Up) ;
3. Le transfert des bases de données hydrogéologiques au gestionnaire du territoire (I) ;
4. L'apprentissage par les parties prenantes des connaissances de base sur l'hydrogéologie et les données hydrogéologiques ;
5. Le support ad hoc sur l'usage des connaissances en hydrogéologie (S) ;
6. La détermination des actions relatives aux enjeux (R) (Walter et al., 2021).

Toutefois, ce n'était pas toutes les étapes de ce processus qui étaient réalisées dans le cadre de l'essai. L'essai se concentrait sur les étapes S et R. Les autres étapes étaient soit coordonnées par l'INRS pour le volet hydrogéologique ou le RQES pour le transfert des connaissances sur l'eau souterraine.

2.2.3. Le modèle de collaboration

Deux MRC ont été retenues pour l'élaboration d'une démarche d'intégration de l'eau souterraine dans les SAD, soit la MRC de Coaticook et la MRC de Val-Saint-François, toutes deux en Estrie. La sélection des deux MRC s'est faite en deux temps. D'abord, une auto-sélection des MRC s'est faite. En effet, certaines MRC avaient démontré leur intérêt auprès de l'équipe de recherche du GRADE et de l'INRS pour l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine. De plus, les MRC devaient être couvertes par la réalisation d'un PACES sur le territoire à l'étude. Ensuite, une demande de collaboration a été faite lors de l'entretien semi-dirigé. Le modèle collaboratif entre les trois organismes et l'équipe de recherche a été choisi de façon à permettre un accompagnement des aménagistes dans l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine dans les schémas d'aménagement et de développement. Les échanges ont ainsi permis de développer une démarche fonctionnelle qui entraînera à terme l'élaboration d'un guide pour les aménagistes. Ce guide sera développé au cours de l'automne 2021. La collaboration avec les aménagistes s'est notamment concrétisée par la tenue de trois rencontres de travail après l'entretien semi-dirigé (voir figure 1 étape 3, 5 et 7). Les rencontres comprenaient des discussions orientées sur les objectifs du projet et le contenu du guide. Un nombre de 3 rencontres a été prévu, entre le mois de juin à août 2021, pour développer la démarche.

La première rencontre, le 9 juin 2021 (figure 1, étape 3), a permis de définir les réels besoins des MRC. L'objectif de la rencontre 1 était la présentation du projet de recherche, des données disponibles sur les territoires des MRC mentionnées précédemment, de l'information disponible sur la gestion intégrée de l'eau souterraine, tels que des plans d'action, des exemples de planification et des exemples de l'intégration de l'eau souterraine dans les SAD.

La seconde rencontre, le 5 juillet 2021 (figure 1, étape 5), s'articulait autour de la présentation de la cartographie des deux MRC et de zones prioritaires d'intervention. L'objectif de la 2^e rencontre était la présentation de cartes traitant de l'hydrogéologie, de l'aménagement et de la géologie. Cette même rencontre introduisait les sites qui avaient un intérêt lié aux enjeux sur l'eau souterraine. Lors de cette rencontre, une grande partie du temps a été consacré à l'appropriation des connaissances sur l'eau souterraine. Les informations obtenues par le projet PACES ont été transmises par l'entremise de résultats cartographiques et l'explication des enjeux, suivis d'un devoir pour les aménagistes qui consistait à proposer des objectifs par rapport aux enjeux.

La troisième rencontre, le 15 juillet 2021 (figure 1, étape 7), a porté sur la sélection des motifs et d'actions potentielles d'aménagement du territoire pour la gestion durable de l'eau souterraine, notamment la protection des zones de

recharge. Les deux objectifs de la 3^e rencontre étaient de proposer des cibles de protection de l'eau souterraine propres au territoire des participantes et de présenter le processus d'intégration des connaissances sur l'eau souterraine au sein du schéma d'aménagement et de développement. Le processus d'intégration a été réalisé par l'équipe de recherche afin d'arriver à la proposition d'objectifs et d'actions potentielles. Lors de la rencontre, il a aussi été question de l'analyse des contraintes ressorties par les aménagistes par rapport au cadre de l'aménagement du territoire et des lacunes à combler pour que l'aménagement puisse contribuer à la pérennité de la ressource eau souterraine.

2.2.4. La cartographie

La méthodologie utilisée pour la réalisation de certaines cartes est présentée à l'annexe 4. L'ensemble des couches cartographiques d'intérêt pour l'eau souterraine a été transmis par l'équipe de l'INRS ainsi que par les MRC partenaires. La cartographie était un élément d'importance dans la compréhension des enjeux entourant l'eau souterraine. L'eau souterraine étant une ressource ne pouvant être observée facilement, les représentations cartographiques permettaient de visualiser les différentes caractéristiques de la ressource. La cartographie a été réalisée le logiciel d'information géographique ArcMap 10.8.1. Ce logiciel a été sélectionné par souci d'uniformité avec l'équipe de l'INRS. Toutefois, toutes les manipulations et visualisations cartographiques aurait pu être réalisées avec un autre logiciel d'information géographique comme QGIS. Quinze (15) cartes par MRC ont été produites pour un total de 30 cartes pour les deux MRC. Les cartes obtenues de l'INRS ont dû être produites à nouveau pour avoir une représentation supra-locale de l'information cartographique des PACES. Les cartes comprenaient deux catégories : 1) les cartes donnant un portrait de l'eau souterraine et 2) les cartes apportant un diagnostic de la ressource. La sélection de l'information cartographique à représenter a été basée sur les critères suivants:

- 1) Les informations cartographiques et documentaires des rapports PACES pertinentes pour l'aménagement du territoire;
- 2) Les informations cartographiques disponibles auprès des MRC qui sont essentielles à l'évaluation des enjeux sur l'eau souterraine.

Les cartes suivantes visaient à présenter le portrait de l'eau souterraine :

1. Piézométrie (élévation de l'eau souterraine) ;
2. Densité de puits individuels par surface de territoire (km²) ;
3. Affectation du territoire ;
4. Confinement de l'aquifère au roc ;
5. Utilisation du sol ;
6. Niveau de potabilité de l'eau selon la concentration en arsenic (As) ;

7. Niveau de potabilité de l'eau selon la concentration en manganèse (Mn).

Les cartes diagnostics comprenaient les éléments suivants :

1. Indice de pression de l'occupation du sol par rapport au confinement de l'aquifère rocheux ;
2. Recharge (non disponible; à venir à l'automne 2021) ;
3. Vulnérabilité (non disponible; à venir à l'automne 2021) ;
4. Zones de recharge à protéger ;
5. Carte synthèse.

Lors de la réalisation de cet essai, les cartes de recharge de l'aquifère et de vulnérabilité (DRASTIC) n'avaient pas encore été produites par le PACES Estrie. Lors de l'écriture du rapport et de la réalisation de la cartographie, le projet PACES Estrie n'était pas encore terminé et l'ensemble des cartes n'étaient pas encore disponibles. Donc l'utilisation de proxy a été essentielle pour la détermination des enjeux. De plus, si une MRC ne possède pas une certaine information spécifique concernant l'hydrogéologie, il est possible de fusionner des paramètres de base pour obtenir des indicateurs dérivés. Ainsi, une MRC est en mesure d'analyser son territoire même si elle ne possède pas toutes les informations des rapports PACES.

2.2.5. Détermination des enjeux et objectifs

La procédure de définition des enjeux impliquait une mise en relation des connaissances scientifiques sur l'eau souterraine actuellement disponibles ainsi que des objectifs pouvant y être reliés. La figure 3 représente la méthode d'analyse des paramètres de l'eau souterraine et du territoire qui permettait d'établir les zones de recharge à protéger. Le processus de réalisation se compose de quatre grandes sections qui se séparent en sous-divisions.

Dans un premier temps, l'acquisition et prétraitement consistent à acquérir les données sur les eaux souterraines produites par les PACES. Ensuite, il y a l'ajustement de l'échelle spatiale, visant à passer de l'échelle d'un bassin versant vers une échelle régionale. Aussi, en l'absence des cartographies de la recharge et de l'indice de vulnérabilité (DRASTIC), il y a eu création de proxys. De plus, nous avons effectué la transformation des données ponctuelles de la localisation des puits en interpolation surfacique de la densité des puits. Une fois ces étapes réalisées, la validation de l'information est effectuée et nous obtenons des produits cartographiques pour faire notre analyse.

Dans un deuxième temps, le traitement et l'analyse impliquent l'interprétation des cartes pour faire un diagnostic sur l'eau souterraine des deux MRC. Ce diagnostic a pour but de définir les zones de recharge à protéger et d'attribuer une priorité de protection à ces zones. Cette priorité de protection est établie en fonction de la nature des zones de recharge elles-mêmes, notamment leur niveau de vulnérabilité, sur les pressions s'exerçant sur ces zones (activités anthropiques potentiellement polluantes), sur l'état de l'eau souterraine dans ces zones (qualité dégradée ou non), et

sur l'usage de l'eau souterraine dans la zone ou en aval de la zone (puits municipal ou forte densité de puits résidentiels). À cette fin, la première étape est l'évaluation de six paramètres du tableau d'analyse territoriale de la figure 3 (utilisation du sol, densité de puits, type de confinement, présence de contaminants dans l'eau souterraine, dégradation avérée de l'eau souterraine, piézométrie). Une fois la compilation des impacts potentiels sur le territoire de la MRC complétée, nous poursuivons avec la définition des enjeux sur le territoire sur la base des six paramètres de l'analyse territoriale. Par exemple : Un enjeu de présence de contamination correspond qu'il y a des éléments biochimiques dans l'eau souterraine qui sont de source anthropique (ex. : nitrate, pesticides, chloré). Un second exemple est la présence d'une densité supérieure à 20 puits au kilomètre carré dans le secteur présente un enjeu sur la qualité de l'eau. La zone de densité de puits privés doit être identifiée afin de préserver la qualité de l'eau dans la zone de recharge. On regroupe les enjeux en zones qui possèdent une certaine homogénéité des caractéristiques jusqu'à son hétérogénéité, c'est-à-dire les caractéristiques similaires du territoire sont regroupées ensemble pour délimiter une surface jusqu'à atteindre les limites de cette surface possédant des critères similaires qui dicte la fin l'aire d'intervention. la suite de la localisation de la zone de l'enjeu, cet enjeu est associé à une zone de recharge qui doit être protégée. La zone de recharge à protéger peut être localisée au même endroit que la zone de l'enjeu (activités anthropiques potentiellement polluantes; dégradation de la qualité d'eau; présence de contaminants), ou la zone de recharge peut être en amont de l'enjeu (forte utilisation de l'eau souterraine) ou en aval de l'enjeu (activité potentiellement polluante). Enfin, nous procédons à une validation des zones de recharge à protéger par les membres participant à l'exercice de collaboration. Une fois la validation acceptée, nous obtenons une carte des zones de recharge à protéger. Ce qui nous amène à la section 3, la priorisation des secteurs.

Dans ce troisième temps, sur la base de plusieurs zones à protéger identifiées précédemment, des priorités relatives de protection de ces zones sont établies. Pour établir l'ordre de priorité, une méthode a été développée en procédant à la sélection de deux indicateurs pertinents. Le premier est un indice de dégradation par rapport aux propriétés naturelles de l'eau souterraine (voir figure 3, puce A.). Cet indicateur montre s'il y a actuellement une contamination dans le milieu pouvant impacter l'aquifère. Le deuxième indice est la densité de l'usage de puits résidentiels ou la taille de l'approvisionnement municipal se trouvant en aval de la zone de recharge (voir figure 3, puce B.). Cette densité d'usage est relative et tient compte la réalité territoriale de la MRC. Ensuite, le niveau de priorité est attribué sur la base d'une matrice du niveau de hiérarchisation allant du niveau très faible au niveau très élevé. Enfin, une carte de priorisation des interventions est produite et l'information est validée par un consensus des membres du groupe. Dans un dernier temps, nous regroupons l'ensemble de l'information pour en faire une carte synthèse. Cette carte synthèse rassemble l'information en secteurs afin de produire un document descriptif de la situation propre à chacun des secteurs.

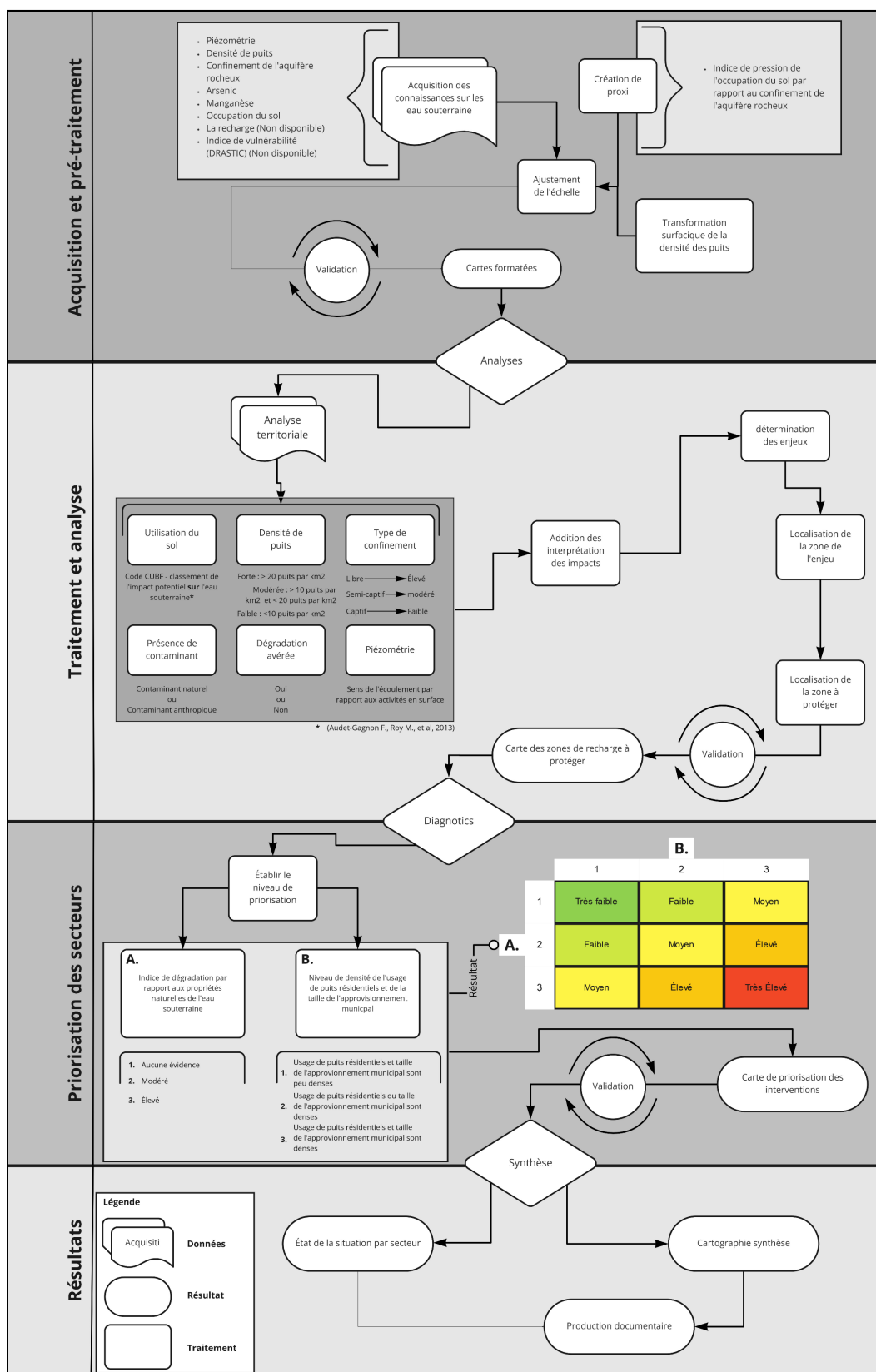


Figure 3. Processus méthodologique de la détermination du type d'enjeu, du niveau de priorité et du diagnostic des enjeux sur l'eau souterraine.

En somme, la démarche d'appropriation des enjeux et des actions impliquait plusieurs étapes débutant par l'acquisition de connaissances scientifiques, d'entrevues et d'analyses documentaires. Cette étape était suivie de la représentation cartographique des connaissances et d'une schématisation des concepts. L'objectif durant les échanges était de jouer un rôle d'accompagnateur et d'intermédiaire pour le transfert et l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine dans le schéma d'aménagement et de développement.

3. Résultats

La présentation des résultats comprend 3 sections. La première section est la présentation des contraintes et des besoins évoqués lors des entrevues. La deuxième section concerne l'élément central au projet, soit l'élaboration d'objectifs et d'actions sur l'eau souterraine en relation avec des outils d'aménagement du territoire. La troisième section présente la définition des enjeux à l'aide de la cartographie.

3.1. Les contraintes et besoins identifiés par les aménagistes

La section 3.1 tente de répondre à l'objectif spécifique 2 sur l'identification des besoins et des contraintes en matière d'eau souterraine auprès des acteurs clés. Plusieurs besoins et contraintes ont été mentionnés pendant les entrevues. Les contraintes étaient divisées en 7 catégories (figure 4).



Figure 4. Graphique représentant les contraintes ressorties lors des entrevues.

La figure 4 montre que deux catégories ressortent, soit l'aspect technique et la résolution spatiale. Le premier aspect correspond à la maîtrise des connaissances sur l'eau souterraine afin de les transposer dans les outils de planification territoriale. Même si la majorité des acteurs (7 sur 8) possède une base sur les informations produites par les projets PACES, très peu d'acteurs sont en mesure de transmettre aisément l'information auprès des élus de leur milieu. Cela est dû à la complexité des notions d'hydrogéologie et à l'expertise généraliste des aménagistes et urbanistes. Ceux-ci doivent connaître l'ensemble des domaines sur lesquels une MRC doit intervenir, l'hydrogéologie s'ajoute au lot de

connaissances pour la planification territoriale. La citation suivante exprime bien les limites de l'aménagiste dans les dossiers concernant l'eau souterraine : ces notions « sont plutôt complexes et on va protéger selon les connaissances acquises (E-03) ». Enfin, il faut s'assurer que cela soit facilement applicable auprès des inspecteurs. Lors de l'entrevue E-07, le participant soulignait l'importance que les connaissances et les règlements soient bien compris par les inspecteurs municipaux. Ceux-ci mettent en application les règlements et « [...] si c'est difficilement applicable on n'aura pas les effets escomptés. (E-07) ».

Le second élément est la résolution spatiale. La production cartographique du PACES offre une résolution de 250 m sur 250 m pour la majorité des livrables cartographiques. Ainsi, un participant exprime la contrainte suivante : « Il ne faut pas trop zoomer parce que j'ai une ville que j'ai 2000 personnes et j'ai 8 pixels (E-05) ». Certains acteurs proposent d'avoir une zone du risque en dégradé délimitant les niveaux de vulnérabilité, selon le même principe que les zones à contraintes d'inondation ou de glissement de terrain.

L'aspect intermédiaire correspond à l'accompagnement et au suivi, durant pendant et après le transfert des connaissances sur l'eau souterraine. Une fois le transfert réalisé, les acteurs se retrouvent sans ressources lorsqu'ils ont des questionnements sur les eaux souterraines. Il y a deux participants sur sept qui ont fait ressortir cet enjeu. Une majorité d'acteurs a exprimé son besoin d'avoir une vulgarisation du PACES afin de réaliser une première priorisation des enjeux. Par exemple : « [...] d'avoir un peu plus d'explication prémâchée pour nous aider à expliquer des mesures que l'on pourrait prendre et être en mesure de comprendre la protection des mesures (E-03) » ou « [...] une dégrossie personnalisée à notre MRC (E-05) ».

La figure 5 met en perspective les différentes cartographies utilisées dans leur schéma d'aménagement et de développement, ou mentionnées lors des entrevues. Selon les réponses spontanées des acteurs à la question posée lors de l'entrevue (Question : C.2. Quels éléments produits par les projets du PACES jugez-vous les plus pertinents à intégrer dans le schéma d'aménagement et de développement (ou PDE ou plan d'urbanisme)?). Six cartes ont été nommées par les participants sur les 26 cartes produites par le PACES. Quatre sur les six ont été mentionnées par la majorité des participants. On retrouve l'indice de vulnérabilité de l'aquifère rocheux fait à partir de l'indice DRASTIC (7), les zones de recharge (7), les affectations du territoire (7), et la piézométrie (5). Les autres cartes sont la géochimie de l'eau qui correspond aux indicateurs de qualité de l'eau (1) et la couverture forestière (2). L'usage de la cartographie de l'affectation du territoire permet à l'aménagiste de réaliser une analyse des contraintes sur son territoire en lien avec l'eau souterraine. Toutefois, il manque quelques cartes pertinentes, notamment une carte des milieux humides et une carte de densité de puits privés. Les autres cartes non mentionnées lors des entretiens ou observées dans les SAD ont elles aussi leur importance, mais elles ne semblent pas nécessairement essentielles à la compréhension et à la

détermination des enjeux et des objectifs en relation avec l'eau souterraine pour les intervenants en aménagement du territoire.

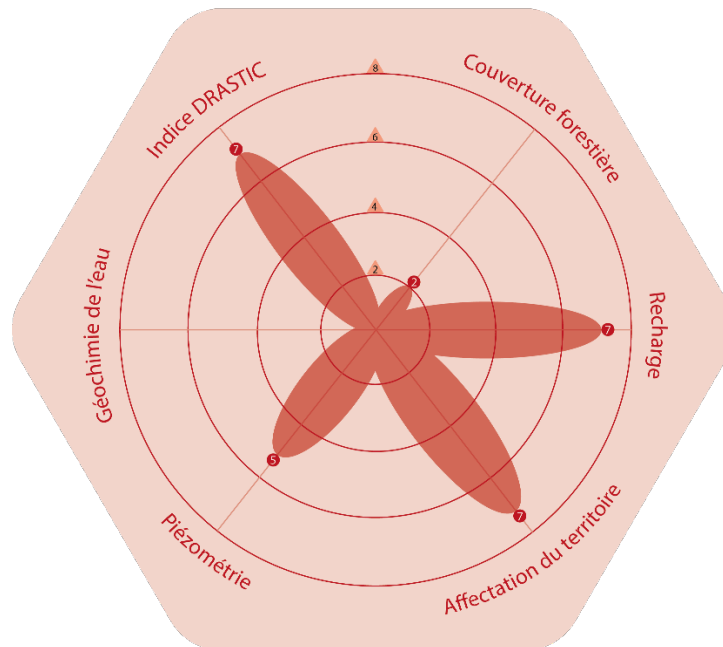


Figure 5. Graphique représentant les différentes cartes utilisées pour les eaux souterraines.

Les acteurs rencontrés ont exprimé leurs besoins sur plusieurs aspects de l'aménagement du territoire. Les besoins seront exprimés sur quatre aspects. D'abord, du point de vue de la cartographie, les participants aux entretiens expriment un besoin d'avoir la direction des écoulements préférentiels à l'échelle locale. L'objectif de connaître la direction de l'écoulement permet d'évaluer l'harmonisation des usages sur un territoire (E-01). Comme expliqué plus haut, les participants souhaitent une amélioration de l'échelle d'analyse de leur territoire. Les informations sur les cartes possèdent de limite spatiale (vulnérabilité DRASTIC, zone de recharge, confinement de l'aquifère) que des citoyens, des élus ou des entrepreneurs pourraient s'opposer à la limite émise dans le SAD. Ainsi, les individus pourraient défier les aménagistes par rapport aux informations présents au schéma. Par ce fait, les aménagistes doivent être bien outillés pour défendre la ressource. Ainsi, la proposition d'une zone de protection de la recharge peut être réfutée. L'échelle spatiale doit être évidente et justifiable par l'aménagiste. C'est pourquoi il est important pour l'intervenant d'avoir une base solide ou une ressource experte à sa disposition.

Au niveau des outils de planification, un besoin a été mentionné à l'entretien E-07. L'idée est de produire une grille de compatibilité des usages pour l'eau souterraine. La manière de procéder serait similaire à la gestion des zones de contraintes pour les glissements terrain ou les inondations (voir annexe 1). Cette grille de compatibilité posséderait un

axe décrivant l'activité pouvant y être réalisée. Sur l'autre axe on trouverait les activités ou les usages qui sont prohibés, contraints ou possibles. Cette avenue sera détaillée dans la discussion.

Au niveau technique, plusieurs participants souhaiteraient un sommaire « digéré » du rapport sur le PACES. Lors de la remise des documents PACES, les intervenants ont besoin d'un premier angle d'orientation pour l'élaboration d'objectifs. Deux citations illustrent de façon éloquente la nécessité de la vulgarisation des projets PACES : « d'avoir un minimum de diagnostic tant dans les mesures à prendre [...] (E-03) », « [...] remâcher le PACES pour être capable de bien faire ressortir les grands enjeux qui se sont révélés avec ce projet-là (E-02). ». Non seulement le rapport devrait être résumé, mais les universités produisant les rapports devraient faire ressortir les enjeux sur l'eau souterraine sur les territoires du PACES.

Bref, les contraintes et les besoins exprimés lors des entrevues sont essentiels à l'élaboration des objectifs 3 et 4, soit les éléments à intégrer dans le schéma d'aménagement et l'élaboration du guide d'orientation sur l'eau souterraine.

3.2. Objectifs, actions et aménagement

La section suivante subdivise les objectifs, les actions et les outils d'aménagement en 2 paragraphes (par rapport à l'objectif) pour faciliter la compréhension du tableau synthèse sur des actions potentielles pour la gestion intégrée de l'eau souterraine (voir tableau 1).

Tableau 1. Liste d'actions potentielles pour la gestion intégrée de l'eau souterraine. Classement par objectif suivi des actions envisageables. La présentation des mécanismes applicables en aménagement du territoire pour une mise en œuvre ainsi que l'explication du rôle des MRC pour l'action.

NUMÉRO DE L'ACTION	OBJECTIF	ACTION ENVISAGEABLE	LES MÉCANISMES APPLICABLES EN AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE	ACTEURS PRESENTIS POUR LA RÉALISATION DE L'ACTION	MRC DE COATICOOK MRC DE VAL-SAINT-FRANÇOIS	RÔLE DES MRC	COMMENTAIRES
1	1. Assurer la qualité et la quantité de l'eau potable	Protéger les zones de recharge	Élaboration d'un chapitre dans le SAD décrivant et traitant de l'eau sur le territoire avec une sous-section eau souterraine	MRC	MRC Coaticook et MRC Val-Saint-François	S'assurer de la compatibilité des usages sur le territoire pour la protection des zones de recharge	Important
2		Sensibiliser la population aux différents usages de l'eau souterraine et à l'importance de leur protection.	Communication	MRC et OBV	MRC Coaticook et MRC Val-Saint-François	Le rôle des MRC serait d'informer les citoyens par l'entremise des municipalités de l'importance de la protection de l'eau souterraine.	Renforcement l'appartenance à la ressource de l'eau. – Délivrance de dépliant – Information courriel, site web, plateforme interactive, etc.
3		Élaborer une grille de compatibilité des usages en fonction de la vulnérabilité	– Loi 67, Règlement sur la gestion des contraintes naturelles et anthropiques – Règlement de zonage	MRC	MRC Coaticook et MRC Val-Saint-François	La MRC serait le maître d'œuvre de la réalisation d'une telle grille de compatibilité, mais cette réalisation devrait être en partenariat avec les parties prenantes de la gestion intégrée de l'eau	Dans le même principe que l'élaboration des zones de contrainte à glissement de terrain
4		Mettre en place un suivi de la bonne gestion des usages à fort impact	– Formation auprès des inspecteurs municipaux – Organisation de rencontre auprès des activités ayant de forts impacts sur l'eau souterraine	MRC	MRC Coaticook et MRC Val-Saint-François	La MRC pourrait s'assurer d'une supervision plus accrue lors de la mise en place de l'activité.	Le moment le plus important est lors de la construction du projet.
5		Mettre en place un suivi de base recommandé par la santé publique des puits privés sur les métalloïdes d'arsenic et de manganèse	Remise documentaire par les municipalités aux nouveaux acheteurs	MRC	MRC Coaticook et MRC Val-Saint-François	La MRC créera et organisera une base de données sur la physico-chimie des puits.	Le suivi peut être volontaire pour les puits et propriétaire déjà établie et être obligatoire pour l'achat et la vente de maison possédant un puits.

6		Conserver la vocation de boisés privés en milieux résidentiels à haute densité	– plantation et abattage des arbres – Règlement de zonage	MRC	MRC Coaticook et MRC Val-Saint-François	La MRC ciblera les zones à conserver selon les informations du PACES (ex : les secteurs à forte vulnérabilité et en confinement libre)	Cette action permet de conserver une occupation du sol exempt d'un fort potentiel de contamination là où il y a déjà une forte activité. Les zones conservées en boisé peuvent être aménagées en forêt urbaine
7		Conserver la vocation de boisés privés en milieux agricole	– plantation et abattage des arbres – Règlement de zonage	MRC	MRC Coaticook et MRC Val-Saint-François	La MRC ciblera les zones à conserver selon les informations du PACES (ex : les secteurs à forte vulnérabilité et en confinement libre)	Cette action permet de conserver une occupation du sol exempt d'un fort potentiel de contamination là où il y a déjà une forte activité.
8		Favoriser le maintien d'une faible densité de puits au kilomètre carré	– Règlement de zonage – Plan d'aménagement ensemble – Règlement sur la gestion des contraintes naturelles et anthropiques	MRC	MRC Le Val-Saint-François	La MRC peut agir de coordinateur auprès des municipalités concernées	La forte concentration de puits est souvent associée aux fosses septiques et cela peut causer des problèmes de contamination
9	3. Assurer l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine dans le schéma d'aménagement et de développement, le PDE et le plan d'urbanisme.	Mettre en place un suivi des connaissances sur l'eau souterraine par le biais d'étude hydrogéologique ciblée.	Non applicable	MRC Municipalité	MRC Coaticook et MRC Val-Saint-François	Avec les différentes actions mises en place, la MRC sera en mesure d'augmenter le degré de précision des données sur l'eau souterraine afin d'avoir un portrait plus fin.	Cela permettrait affiner les données PACES dans les zones à risque très élevé.
10		Mettre en place une plateforme de la vulgarisation de l'eau souterraine auprès des usagers et des acteurs de l'eau	– Communication	MRC et OBV	MRC Coaticook et MRC Val-Saint-François	À partir du site web de la MRC, la mise en place d'une cartographie interactive ou d'un récit interactif (Story maps) le partage de l'information.	

Les objectifs assurent la qualité et la quantité de l'eau potable et assurer l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine dans le schéma d'aménagement et de développement, le PDE et le plan d'urbanisme découle des plans directeurs de l'eau et des objectifs présents dans les schémas d'aménagement. Les actions résultent de discussions avec les aménagistes (MRC rencontrées en entretien et MRC collaboratrices). Enfin, les mécanismes et les outils d'aménagement du territoire ont été reliés aux actions après une analyse de chacun et de discussions avec les aménagistes des deux MRC.

Les deux objectifs retenus sont les suivants :

1. Assurer la qualité et la quantité de l'eau potable;
2. Assurer l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine dans le schéma d'aménagement et de développement, le PDE et le plan d'urbanisme.

L'objectif 1 est très important, car il assure qu'il y ait une cohésion entre les actions et les outils d'aménagement pour la protection de la qualité et de la quantité de l'eau potable. La mise en place de l'objectif 1 varie de court à long terme selon l'action à mettre en place. L'objectif 1 s'accompagne de 8 actions allant de la protection de l'eau potable à la sensibilisation des usagers. L'action 1 est la plus importante. Elle assure la compatibilité des usages sur le territoire pour la protection des zones de recharge. Elle émane de l'objectif global de cet essai qui est l'appropriation des connaissances PACES pour les intégrer dans les SAD en vue d'une gestion durable de l'eau souterraine. Puisqu'elles ont un rôle central dans la planification régionale, les MRC peuvent avoir un impact sur la qualité et la quantité de l'eau souterraine. Les actions 3, 6 et 7 ont un but commun, soit conserver les vocations compatibles pour les zones de recharge. Toutefois, une nuance demeure pour l'action 3, qui se veut une action qui s'assure de la compatibilité des usages dans la délivrance de permis. Les actions 2, 4 et 5 jouent un rôle de sensibilisation et de mise en place de bonnes pratiques. L'action 5 consiste à mettre en place un suivi de base selon les recommandations de la santé publique sur la concentration d'arsenic et de manganèse dans l'eau des puits privés. Son importance est liée à la particularité régionale de la présence de ces métalloïdes en concentration naturelle dans l'eau souterraine et de leurs effets sur la santé humaine. Cette action a aussi été proposée par un autre projet de recherche sur le « transfert des connaissances sur les eaux souterraines pour l'élaboration du plan d'action (volet eau souterraine) du Plan directeur de l'eau (PDE) en Estrie » par Renaud Delisle. Son incorporation au SAD pourrait avoir une implication volontaire auprès des usagers. Les MRC, les municipalités et les OBV peuvent jouer un rôle de sensibilisation pour l'instauration de cette mesure.

Enfin, la dernière action (action 8) de l'objectif 1 propose de favoriser le maintien d'une faible densité de puits au kilomètre carré en suivant les exigences imposées par le règlement provincial existant exigeant déjà que les lots aient au moins 3000m². Lorsque le secteur était déjà construit avant la réglementation, il pourrait avoir une limitation des nouvelles constructions dans ses secteurs. Puisqu'on maintiendrait une faible densité. Cet objectif a été ajouté parce

qu'il y a plusieurs secteurs de villégiature très dense sur les deux territoires, mais n'offrant aucun service d'aqueduc ou d'égout. Cela peut entraîner plusieurs conséquences dans la qualité et la quantité de la ressource eau. À la suite des actions, les outils d'aménagement exploitables et probablement applicables pour la planification régionale de la protection des zones de recharge seront présentés pour certaines actions (tableau 1). Le premier outil d'aménagement est pour l'action 3, qui pourrait être réalisée à l'aide de la loi 67 « Loi instaurant un nouveau régime d'aménagement dans les zones inondables des lacs et des cours d'eau, octroyant temporairement aux municipalités des pouvoirs visant à répondre à certains besoins et modifiant diverses dispositions (MAMH, 2021) ». Dans cette loi, on trouve le règlement suivant : « Règlement sur la gestion des contraintes naturelles et anthropiques (art. 6 de la Loi, art. 79.2 de la LAU) (MAMH, 2021) ». Ce règlement octroie à la MRC ou à la municipalité de nouveaux pouvoirs réglementaires pour assurer la protection de la sécurité publique, la protection de l'environnement, la santé publique ou le bien-être général. C'est pourquoi ce règlement viendrait combler l'absence d'outils propres à l'eau souterraine dans les SAD. D'ailleurs, ce règlement peut être modulable selon les réalités territoriales locales. Le second outil abordé est l'élaboration d'un chapitre sur l'eau souterraine dans le SAD. La MRC doit encadrer les activités exerçant une forte pression sur les zones de recharge à forte vulnérabilité. Pour parvenir à intégrer cette action complexe, l'élaboration d'un chapitre ou d'une sous-section du SAD dédié à l'eau souterraine permettrait de dresser un portrait et un diagnostic de la situation actuelle de l'eau souterraine et des besoins de protection. Par conséquent, l'ensemble des autres actions serait chapeauté par l'action principale, soit la protection de la zone de recharge.

L'objectif 2 résulte du manque et du maintien de l'information sur l'hydrogéologie sur le territoire des MRC et des bassins versants. Il comporte deux actions : mettre en place un suivi des connaissances sur l'eau souterraine par le biais d'études hydrogéologiques ciblées et mettre en place une plateforme de vulgarisation de l'eau souterraine auprès des utilisateurs et des acteurs de l'eau. La première action permettrait d'augmenter les degrés de précision des données sur l'eau souterraine. La seconde action consisterait à vulgariser l'information par une plateforme web du type *Story maps* pour le grand public et les élus.

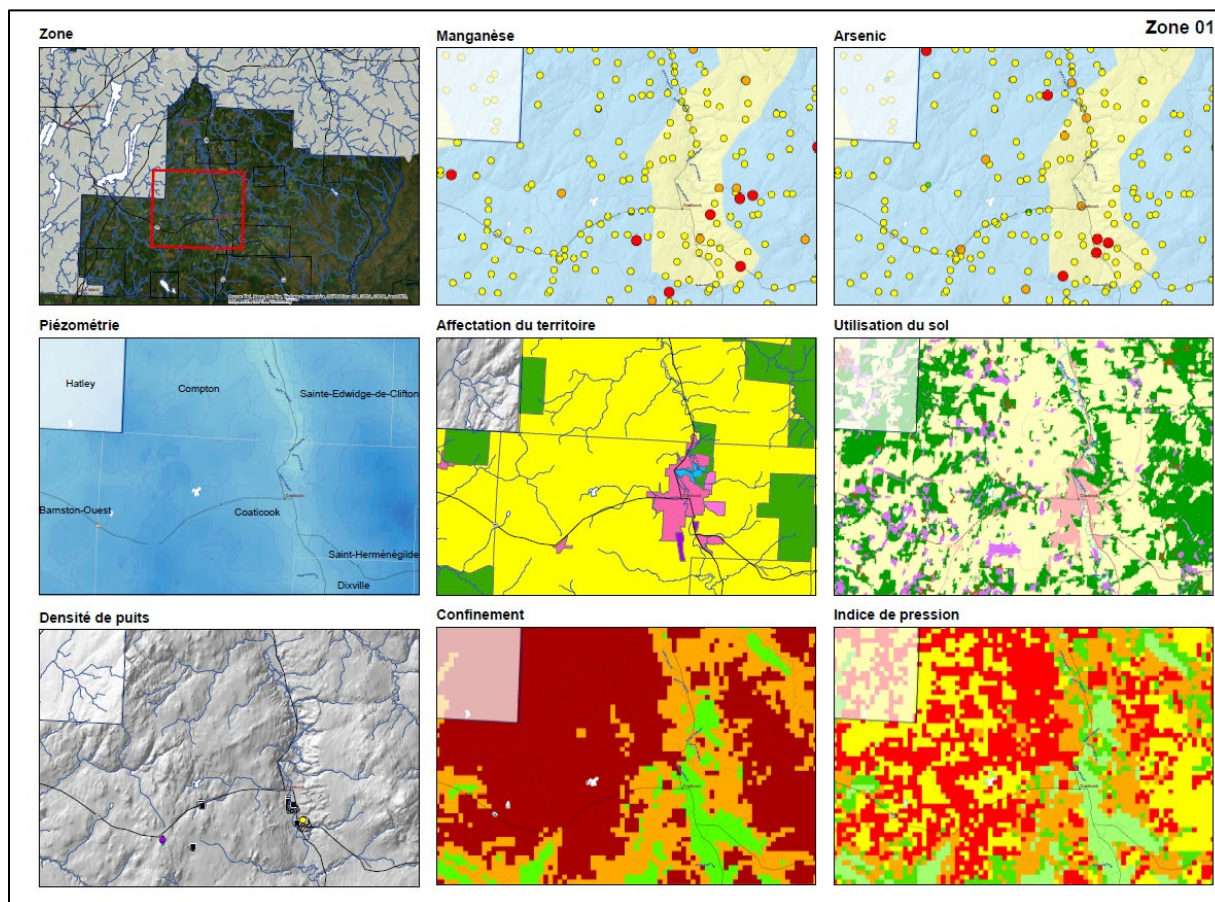
3.3. Cartographie à l'enjeu

L'absence de visibilité de l'eau souterraine sur le territoire rend l'appropriation des connaissances par les aménagistes très complexe. Par conséquent, la représentation cartographique a ainsi permis d'exprimer et de visualiser des concepts complexes et de saisir l'étendue des caractéristiques de l'eau souterraine. La cartographie fait partie des outils importants pour la documentation et le transfert des connaissances ainsi que pour la définition des enjeux et la délimitation des secteurs sur le territoire où ces enjeux sont présents. Nous avons précédemment présenté les objectifs, les actions et le rôle de la MRC. Nous avons ensuite utilisé des cartes à l'échelle des MRC afin de faire une analyse des différents paramètres considérée (figure 3) pour identifier les enjeux sur les zones de recharge sur le territoire des MRC. En bref, le but est aussi de répondre aux objectifs 1 et 3 de l'essai qui sont d'identifier les connaissances sur les eaux souterraines et de proposer des éléments à intégrer dans le SAD.

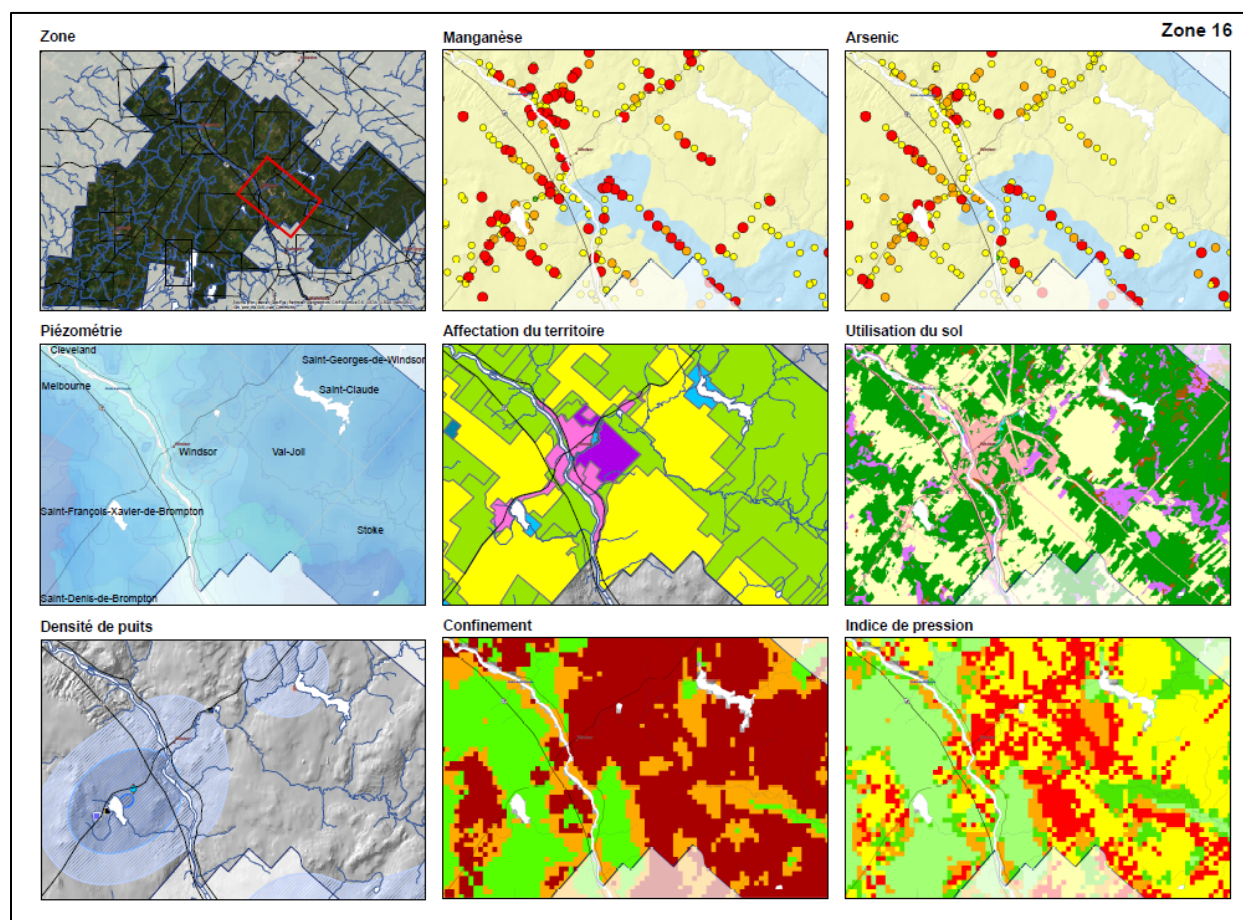
Il est à noter que les cartes de vulnérabilité DRASTIC et de recharge ne seront pas présentées dans les résultats parce que, lors de la réalisation de l'essai, ces résultats n'étaient pas encore disponibles par l'équipe réalisant le projet PACES. D'ailleurs nous ne souhaitons pas publier des informations non validées par l'équipe de l'INRS. Le choix de regrouper les cartes de portraits et diagnostics sur une seule fiche facilite l'explication cartographique. Avant la présentation des cartes, nous présenterons la légende pour l'ensemble des éléments illustrés sur les cartes (voir figure A5.1). La première carte représente l'ensemble des zones d'intérêt (voir cartes 1 et 2). La seconde fiche correspond à une mosaïque des cartes suivantes (voir cartes 3 et 4) :

1. Piézométrie ;
2. Densité de puits individuels ;
3. Affectation du territoire ;
4. Confinement du roc ;
5. Utilisation du sol ;
6. Niveau de potabilité de l'eau selon la concentration en arsenic ;
7. Niveau de potabilité de l'eau selon la concentration en manganèse ;
8. Pression de l'occupation du sol par rapport au confinement du roc.

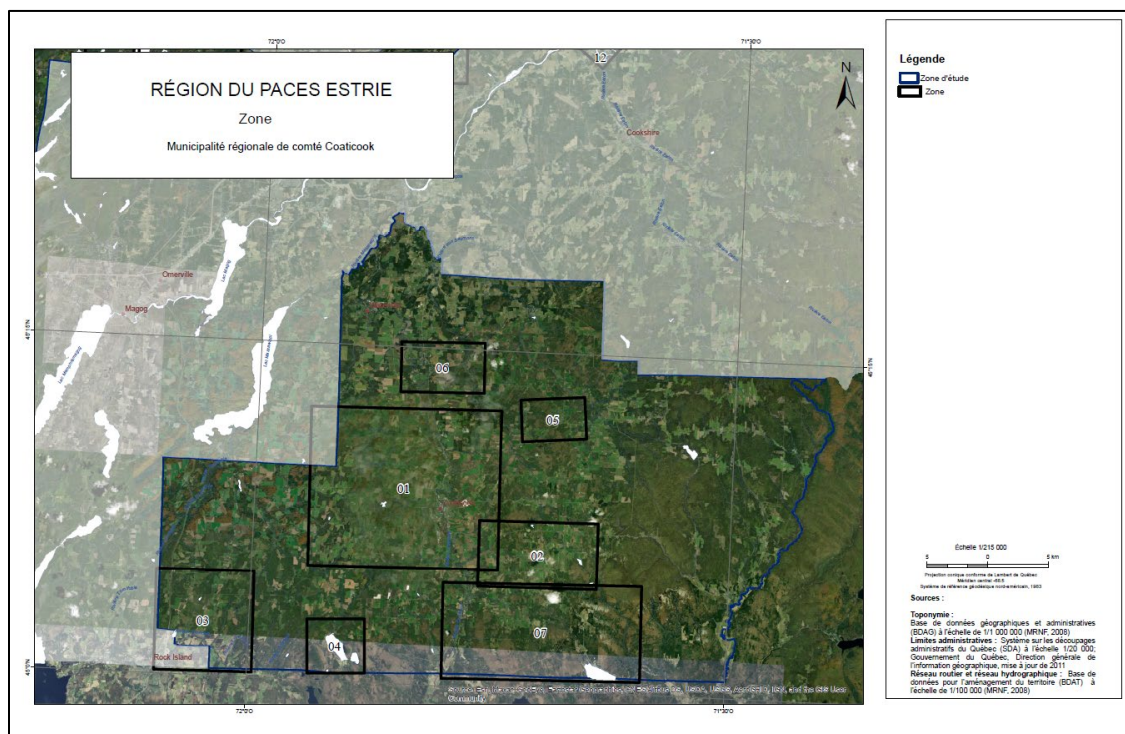
La combinaison de ces cartes permet d'identifier les différents secteurs ayant des enjeux particuliers pour l'eau souterraine. Notamment, la carte 3 illustre à une grande échelle (1/76 980) l'analyse du portrait du territoire afin d'obtenir un diagnostic des enjeux sur les eaux souterraines. Maintenant, voyons en détail ce que chacune des composantes cartographiques apporte à la compréhension dans un objectif de faire un diagnostic sur un territoire.



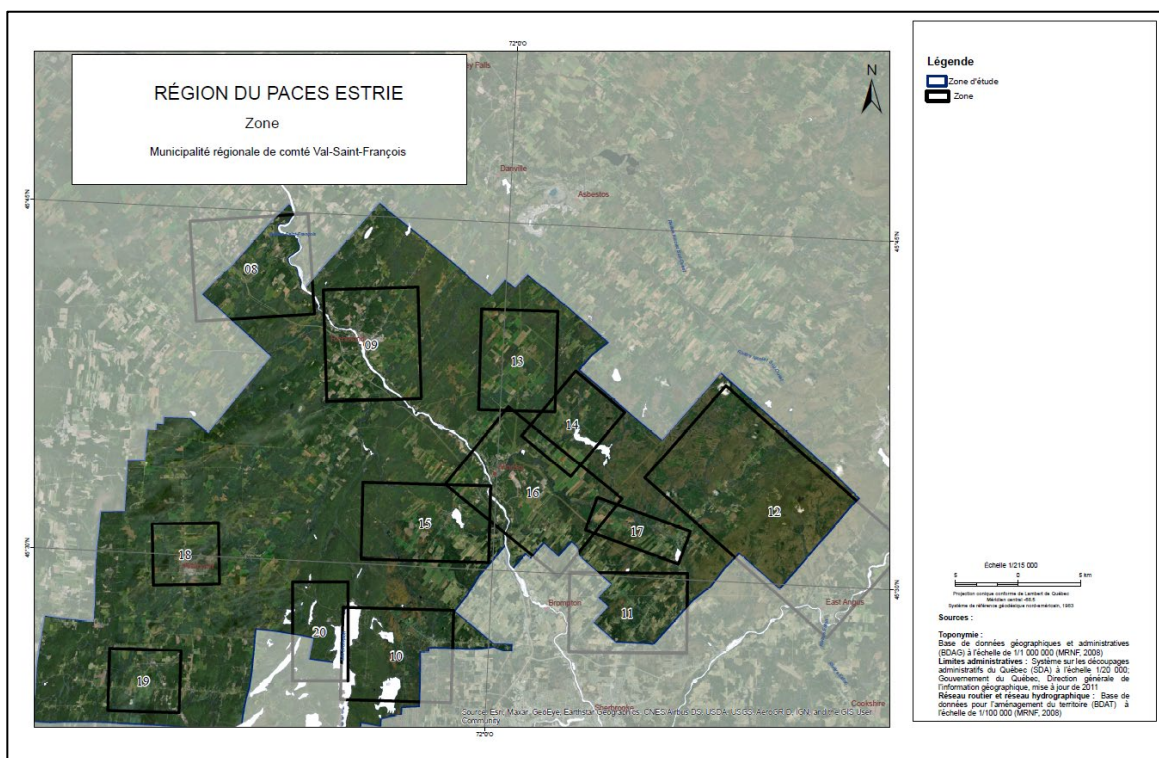
Carte 1. Mosaïque de cartes permettant la définition des enjeux sur le territoire de la MRC de Coaticook.



Carte 2. Mosaïque de cartes permettant la définition des enjeux sur le territoire de la MRC du Val-Saint-François.



Carte 3. Zones de **recharge à protéger** pour le territoire de la MRC de Coaticook.



Carte 4. Zones **recharge à protéger** pour le territoire de la MRC du Val-Saint-François.

L'explication détaillée des cartes est regroupée aux tableaux 2 et 3. Il y a quatre volets à l'explication cartographique dans le tableau. D'abord, il y a ce que la carte représente, c'est-à-dire l'information générale que la carte présente sans l'analyse de son territoire spécifique. Ensuite, il y a comment la carte a été produite, à savoir une description succincte de la méthode de production du paramètre principal de la carte. La colonne suivante explique comment se servir de la carte. En d'autres mots, comment cette carte est-elle utilisable par les aménagistes ou urbanistes pour nous renseigner sur les conditions de l'eau souterraine ? Enfin, la dernière colonne représente la situation locale du territoire ciblé, à savoir la situation pour la MRC de Coaticook et la MRC du Val-Saint-François par rapport au paramètre présenté sur la carte. Les figures 1 et 2 donnent une idée de la représentation de chacune des informations cartographiques. L'ensemble des cartes individuelles est présent en annexe.

Tableau 2. Cartes produites et utilisées pour la définition des enjeux sur l’eau souterraine. Chaque carte est expliquée par ce qu’elle représente, comment la carte a été produite, comment se servir de la carte et la situation locale du territoire de la MRC Coaticook.

No. de la carte	Type d'information	Nom de la carte	Ce que la carte représente	Comment la carte a été produite	Comment se servir de la carte	Situation locale du territoire d'étude
U-01	Hydrogéologique, géologique	Piézométrie	La piézométrie informe sur l'élévation de la nappe phréatique de surface qui indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine selon l'élévation de la nappe phréatique. Elle informe aussi sur l'amont et l'aval de l'écoulement de l'eau.	La carte a été produite avec la méthode d'interpolation par krigeage avec dérive externe reliée à la topographie (Lefebvre et al., 2019)	La carte de la piézométrie se lit comme une carte topographique, c'est-à-dire que les écoulements vont des élévations les plus hautes vers les élévations inférieures jusqu'aux zones de résurgence de l'eau souterraine, généralement les cours d'eau ou les milieux humides. Les flèches sur la carte de piézométrie illustrent la direction générale d'écoulement de l'eau souterraine pour le secteur environnant.	La carte de piézométrie de la MRC de Coaticook est caractérisée par 4 vallées alignées nord-sud ou l'eau souterraine s'écoule vers différentes rivières de la région, dont la rivière Coaticook. L'écoulement entre les vallées se fait soit de l'est vers l'ouest ou inverse selon la pente. La pente principale du territoire est du centre de la MRC vers le nord-ouest pour atteindre le lac Massawippi ou la rivière Massawippi. La MRC de Coaticook comprend aussi une partie du bassin versant Connecticut dans le sud-est de son territoire où l'écoulement dominant se fait du nord vers le sud. La majorité des municipalités de la MRC se retrouvent dans le bas des vallées. Une attention particulière doit être mise sur les activités se retrouvant à des niveaux supérieurs par rapport aux municipalités afin d'éviter que la contamination ne se dirige vers les puits municipaux ou privés dans les vallées.
U-04		Confinement de l'aquifère rocheux	La carte de confinement de l'aquifère rocheux classe les conditions en trois catégories : captif, semi-captif et libre. Le confinement est contrôlé par le type de matériel au-dessus de l'aquifère rocheux. De plus, cette carte a été utilisée comme proxy pour la détermination des zones de recharge des aquifères.	La carte du confinement de l'aquifère rocheux a été produite sur la base de la stratigraphie des formations superficielles définie par Caron (2021) ainsi que l'épaisseur des unités hydrogéologiques (Lefebvre et al., 2019).	Les conditions de confinement libre correspondent aux zones où la recharge de l'eau souterraine est la plus importante parce que le type et l'épaisseur de matériaux à la surface permet une infiltration de l'eau jusqu'à l'aquifère rocheux. Les conditions de confinement captif sont présentes où il y a des épaisseurs importantes de sédiments peu perméables qui limitent l'infiltration de l'eau en profondeur. La condition captive est souvent associée aux eaux évoluées alors que la condition libre correspond généralement aux eaux de recharge. Un confinement semi-captif représente les secteurs qui y ont une couverture de sédiments intermédiaire.	Les conditions libres de confinement du roc dominant dans la MRC et elles sont associées aux hauts topographiques où l'épaisseur de sédiments est généralement faible. Dans les vallées, les conditions sont principalement semi-captives et captives localement. Les conditions dans les vallées sont reliées à d'importantes accumulations de sédiments relativement peu perméables.
U-07		Arsenic	La carte renseigne sur la concentration d'arsenic dans l'eau souterraine à partir de différentes sources de données. Les plages de concentration sont définies à partir de la limite de détection rapportée (LDR) et de la concentration maximale acceptable (CMA; 0,01 mg L ⁻¹) pour l'eau potable selon Santé Canada et le Règlement sur l'eau potable. Cette carte montre aussi les types d'eau, selon son temps de résidence. Elle est exprimée en eaux évoluées pour une eau ayant un temps de résidence long (milliers d'années) et en eau de recharge pour un temps de résidence court (moins de 60 ans).	Une compilation a été faite des données géochimiques existant dans la région de l'Estrie à partir de plusieurs sources : Le BADGEQ du MERN, le SIH du MELCC, les projets PACES antérieurs, les analyses de l'eau des puits municipaux, les données extraites de rapports hydrogéologiques et les données obtenues de la direction de la Santé publique de l'Estrie (Lefebvre et al., 2019).	La carte de l'arsenic se lit selon la présence ponctuelle de ce métalloïde dans l'eau souterraine. La carte illustre les secteurs problématiques où il y a une contamination naturelle par l'arsenic dans l'eau potable. Les zones de forte présence d'arsenic sont souvent caractérisées par des eaux évoluées avec un temps de résidence long.	La présence d'arsenic (As) dans l'eau souterraine dans la MRC de Coaticook n'est pas problématique pour la grande majorité du territoire. Il y a seulement quelques endroits qui présentent des dépassements supérieurs à la CMA en As. Le secteur principal avec un dépassement est localisé au sud de la municipalité de Coaticook du côté est de la rivière Coaticook. Le second secteur problématique se retrouve entre Coaticook et Waterville où un dépassement de CMA ainsi que plusieurs concentrations élevées ont été notés.

U-08		Manganèse	La carte renseigne sur la concentration en manganèse dans l'eau souterraine à partir de différentes sources de données. Les plages de concentration sont définies à partir de la limite de détection rapportée (LDR) et de la concentration maximale acceptable (CMA; 0,12 mg L⁻¹) pour l'eau potable recommandée par Santé Canada, mais qui n'a pas encore été intégrée aux normes du Règlement sur l'eau potable. Cette carte montre aussi les types d'eau, selon son temps de résidence. Elle est exprimée en eaux évoluées pour une eau ayant un temps de résidence long (milliers d'années) et en eau de recharge pour un temps de résidence court (moins de 60 ans).	Une compilation a été faite des données géochimiques existant dans la région de l'Estrie à partir de plusieurs sources : Le BADGEQ du MERN, le SIH du MELCC, les projets PACES antérieurs, les analyses de l'eau des puits municipaux, les données extraites de rapports hydrogéologiques et les données obtenues de la direction de la Santé publique de l'Estrie (Lefebvre et al., 2019)	La carte du manganèse de lit selon la présence ponctuelle e ce métalloïde dans l'eau souterraine. La carte illustre les secteurs problématiques où il y a d'une contamination naturelle par le manganèse dans l'eau potable. Les zones de forte présence du manganèse étaient souvent caractérisées par des eaux évoluées avec un temps de résidence long.	Par rapport à l'arsenic, il y a plus de localisations dans la MRC de Coaticook où on note de fortes concentrations ou des dépassements de CMA pour le manganèse (Mn). En plus du secteur à l'est de la municipalité de Coaticook, plusieurs autres endroits ont des dépassements de CMA du Mn. Il y a peu de données disponibles dans la partie nord de la MRC où la situation par rapport au Mn ne peut pas être définie clairement.
U-14		Puits privés, puits municipaux et puits échantillonnés	Le fond de la carte montre le type d'eau. Les couches présentées sur la carte sont le niveau de risque, les aires de protection des puits municipaux, la densité des puits (voir carte U-02), la localisation des puits d'approvisionnement en eau municipaux et les groupes d'eau selon l'eau de recharge et l'eau évoluées. Ainsi, cette carte représente les groupes d'eau vulnérable à la contamination de surface.	Voir la carte U-02 pour une explication sur la densité des puits. Voir la carte U-05 pour une explication sur le niveau de pression relié à l'occupation du sol. Le niveau de risque de contamination des puits est relié à la fois à la « vulnérabilité » géochimique basée sur la proportion d'eau « jeune » (moins de 50 ans) dans l'eau prélevée par le puits ainsi que sur l'importance des activités potentiellement polluantes en amont du puits (Colléau, 2019).	Il est important de connaître la localisation des puits municipaux et privés afin de les protéger d'une contamination. Notamment, si l'eau devient contaminée, cela engendrerait une augmentation des coûts pour le traitement de l'eau potable à la municipalité, voire la délocalisation du puits vers un autre secteur. Ces lieux sont importants à protéger afin d'éviter des contaminations et l'augmentation conséquente des coûts d'approvisionnement de l'eau potable. D'ailleurs, la carte informe sur le type d'eau, dont l'eau de recharge qui est plus à risque à la contamination. Le groupe contient huit catégories divisées en deux groupes. Le premier contingent constitue les eaux de recharge et le second groupe constitue les eaux évoluées. Les groupes sont présentés selon leurs dégradations en ordre croissant (du haut vers le bas). Ses informations sont très pertinentes pour connaître les secteurs ayant déjà des problématiques sur la qualité de l'eau et l'aménagement doit intervenir.	La situation locale de la MRC de Coaticook sur les puits présente un risque majoritairement modéré sauf un secteur qui correspond à un niveau de risque majeur à l'ouest de la ville de Coaticook. Dans des travaux antérieurs, des signes de dégradation de la qualité de l'eau souterraine de type « recharge » ont été observés dans la MRC (Colléau, 2019). C'est ce qui est le plus important à considérer pour établir la priorité de protection des zones de recharge dans la MRC. La majorité des groupes d'eau sont à la catégorie 2 soit A2a et B1b2. Dans le sud du territoire, deux sites avec le groupe A2b présentent des signes de dégradation plus élevés que la moyenne du territoire.
U-03	Aménagement	Affectation du territoire	L'affectation du territoire présente la vocation du territoire, c'est-à-dire la vision de l'utilisation du territoire par les autorités régionales.	La carte a été produite à partir de la base de données du MAMOT du portrait provincial en aménagement du territoire (PPAT). Toutefois pour la MRC de Coaticook une discordance a été observée entre les données du MAMH et celles provenant de la MRC de Coaticook. Les données de la MRC ont été retenues.	Il faut utiliser cette carte pour obtenir une vision d'ensemble du territoire. Il est primordial d'analyser cette carte avec la carte de l'occupation du sol parce qu'elle montre l'utilisation actuelle du territoire et la carte de l'affectation montre la vision possible de l'utilisation future du sol. Ainsi, les activités conflictuelles avec l'eau souterraine peuvent orienter les autorités du milieu à changer l'affectation pour une prévention de la dégradation de la qualité de l'eau souterraine.	L'affectation du territoire de la MRC de Coaticook est dominée dans le secteur à l'ouest de la municipalité de Coaticook par une affectation agricole (51,4 %) suivie d'une affectation majoritairement forestière (42,8 %) à l'est de la municipalité de Coaticook. L'affectation urbaine et de villégiature compose 2,2 % du territoire de la MRC.

U-06		Occupation du sol	Cette carte montre l'utilisation actuelle du territoire selon 8 classes : agricole, anthropique, aquatique, coupe et régénération, forestier, milieux humides, non classifiés et sol nu et landes.	La carte de l'occupation du sol a été produite à partir des données fournies par le MELCC. La symbologie simplifiée a été utilisée pour la production cartographique.	L'occupation du sol joue un rôle dans la planification actuelle du territoire. L'occupation nous renseigne sur les usages potentiellement problématiques ou nécessitant une gestion et une surveillance accrues pour la protection des zones de recharge de l'aquifère.	Les mêmes constats peuvent être réalisés, sur la carte précédente, sur la répartition de l'occupation agricole et forestière du territoire d'étude. L'occupation anthropique, autre qu'agricole, se retrouve principalement en bordure de lac ou de cours d'eau. Dans l'occupation agricole, on retrouve plusieurs îlots boisés. Il y a une plus forte proportion de milieux humides à l'ouest de la ville de Coaticook qu'à l'est.
U-02		Densité de puits	La carte de densité de puits montre la concentration de puits au kilomètre carré sur le territoire étudié.	La localisation des puits a été obtenue par la base de données du SIH. Le calcul de densité a été obtenu par l'outil Densité de noyau dans le logiciel Arc Map, où la fonction de densité de noyau est basée sur la fonction quartique décrite par Silverman (1986).	La carte de densité de puits montre les secteurs où il y a une forte présence d'usagers possédant un puits individuel. Cette information est pertinente afin de connaître le nombre d'usagers pouvant être touchés s'il y a une dégradation de l'eau souterraine dans le secteur. Ainsi les mesures à mettre en œuvre doivent considérer l'importance relative de l'usage de l'eau souterraine.	La carte de densité de puits montre une faible concentration de puits individuels au km² sur le territoire d'étude. Les secteurs avec une légère hausse de la densité de puits (3 à 6 puits par km²) se présentent surtout au nord, autour de la municipalité de Coaticook et du lac Lyster.
U-05	Diagnostic	Niveau de pression de l'occupation du sol par rapport au confinement	La carte de pression de l'occupation du sol par rapport au confinement montre les usages du sol pouvant avoir un impact sur la qualité de l'eau de recharge de l'aquifère ayant un confinement libre ou semi-libre sur le territoire. La pression est classée en cinq niveaux allant de très faible à très élevé.	La carte a été obtenue en multipliant les valeurs numériques des classes d'occupation du sol par la valeur numérique des classes de confinement de l'aquifère rocheux. Le résultat montre différents niveaux de pression classées de très faibles à très élevés.	L'utilisation de cette carte est très pratique, notamment lorsque la carte de vulnérabilité DRASTIC n'est pas encore disponible sur un territoire donné. La carte permet de cibler les endroits où des activités peuvent avoir un impact sur la zone de recharge de l'eau souterraine, qui correspondent à l'indicateur « très élevé » en rouge. Les zones vertes représentent des secteurs ayant peu de risque de contamination, quelle que soit l'activité en surface. Les secteurs classés « modéré », en jaune, présentent une activité non problématique sur une zone où le confinement est libre. Dans ce cas, la conversion du territoire vers un autre usage doit être analysée afin de ne pas impacter l'aquifère par le développement d'une nouvelle activité potentiellement polluante.	La carte montre trois classes. D'abord, les niveaux de pression très faibles à faibles se retrouvent principalement dans les vallées. Ensuite, les niveaux modérés, notamment à l'est du territoire, sont caractérisés par la présence de forêt sur un confinement libre. Finalement, les quelques endroits à niveau élevé en rouge sont reliés à la présence d'une occupation agricole du sol. Les pressions élevées et très élevées. caractérisent principalement l'ouest de la MRC où il y a un fort taux de d'occupation agricole.

U-15		Zones de recharge à protéger	La carte des zones de recharge à protéger renseigne sur le niveau de priorité à accorder à la protection des zones de recharge en fonction des conditions qu'on y retrouve. Les zones à protéger sont des zones de forte recharge qui sont vulnérables. Le niveau de priorité augmentera si l'occupation du sol représente un risque (zones urbaines ou agricoles), s'il y a évidence de dégradation de la qualité d'eau (selon les groupes d'eau de recharge) et s'il y a plusieurs utilisateurs de l'eau souterraine en aval (puits résidentiels en forte densité ou puits municipaux).	La carte des zones de recharge à protéger a été obtenue par l'analyse de l'ensemble des conditions sur le territoire. Le niveau de priorité est obtenu par la mise en relation des indices de dégradation de l'eau souterraine par rapport à la densité de puits résidentiels et la présence de puits municipaux. Le produit des deux paramètres informe sur le niveau de priorisation des enjeux du territoire en cinq classes.	Les zones de recharge à considérer sont indiquées par des ellipses. Chacune des ellipses possède plusieurs types d'enjeux. Les enjeux considérés sont les enjeux prédominants et ayant un lien avec l'aménagement du territoire. L'épaisseur du trait de l'ellipse montre l'importance relative de la protection par rapport au type d'enjeux, et de l'impact sur le nombre de citoyens affectés par une dégradation éventuelle de l'eau souterraine. Cette carte est le résultat de l'analyse des risques potentiels ou avérés de dégradation de l'eau souterraine sur le territoire d'étude et la carte est basée sur différents paramètres : hydrogéologie, géologie, aménagement du territoire, etc. Les enjeux de type agricole sont reliés à des activités telles que les applications et l'entreposage de fertilisants, de pesticides ou d'autres produits chimiques en relation avec diverses qui peuvent avoir un impact par l'infiltration des contaminants jusqu'à la nappe.	Les zones de recharge à protéger de la MRC de Coaticook se retrouvent dans 7 secteurs présentés sur la carte 1. La répartition en zones facilite la lecture sur le territoire. La situation n'est pas alarmante pour dans la majorité des secteurs du territoire de la MRC. Toutefois, le secteur entourant la municipalité de Coaticook présente des évidences de dégradation de la qualité de l'eau souterraine par les activités anthropiques. Ce secteur est à proximité de puits municipaux et de puits privés. Ainsi, quelques propositions d'actions faites dans le tableau 6. Les autres secteurs requièrent de faire de la prévention pour la protection de la zone de recharge. Les autres enjeux présents sur le territoire sont la présence d'arsenic et de manganèse dans l'eau souterraine, l'impact potentiel sur le prélèvement de l'eau souterraine par les usagers privés.
U-10	Synthèse	Synthèse	La carte synthèse regroupe l'ensemble de l'information pertinente permettant d'illustrer les liens entre les éléments du portrait par rapport au diagnostic.	La carte synthèse a été produite par le regroupement de plusieurs informations déjà montrées sur les autres cartes précédemment.	La carte est assez complexe à prime abord. Avant d'aborder la carte synthèse, il est important de faire l'analyse individuelle des cartes produites précédemment. La carte synthèse doit être utilisée afin de visualiser ensemble les différentes informations utiles à la détermination des enjeux en relation avec la protection des zones de recharge ou d'autres enjeux reliés à l'eau souterraine.	La carte synthèse résume l'ensemble de la situation sur l'eau souterraine sur le territoire de la MRC de Coaticook qu'il est important de considérer en relation avec l'aménagement du territoire.

Tableau 3. Tableau des cartes produites et utilisées pour la détermination des enjeux sur l’eau souterraine. Chaque carte est expliquée par ce qu’elle représente, comment la carte a été produite, comment se servir de la carte et la situation locale du territoire de la MRC du Val-Saint-François.

No. de la carte	Type d’information	Nom de la carte	Ce que la carte représente	Comment la carte a été produite	Comment se servir de la carte	Situation locale du territoire d’étude
U-01	Hydrogéologique, géologique	Piézométrie	La piézométrie informe sur la hauteur de la nappe phréatique de surface, et du sens de l’écoulement de l’eau souterraine selon l’élévation de la nappe phréatique. Elle informe aussi sur l’amont et l’aval de l’écoulement de l’eau.	La carte a été produite avec la méthode d’interpolation par krigeage avec dérive externe reliée à la topographie (PACES-ESTRIE, 2019)	La carte de la piézométrie se lit comme une carte topographique, c’est-à-dire que les écoulements vont des élévations les plus hautes vers les élévations inférieures jusqu’aux zones de résurgence de l’eau souterraine, généralement les cours d’eau ou les milieux humides. Les flèches sur la carte de piézométrie illustrent la direction générale d’écoulement de l’eau souterraine pour le secteur environnant.	La carte de la piézométrie montre un territoire vallonné ayant une multitude de bassins et de sous-bassins avec des sens d’écoulement de l’eau souterraine distincts. Le territoire présente trois grandes tendances pour le sens de l’écoulement de l’eau souterraine. Le secteur au nord-est de la rivière Saint-François a un écoulement du nord-est vers le sud-ouest, soit des sommets vers la rivière. Le second secteur est le bassin versant que ce retrouve Valcourt qui présente un écoulement vers le sud du territoire de la MRC Val-Saint-François. Le dernier secteur est pour les bassins versants au nord de la Ville de Sherbrooke. L’écoule va vers l’extérieur des limites de la MRC. La variabilité de l’élévation du territoire induit une multitude de sens d’écoulement à une échelle plus grande.
U-04		Confinement de l’aquifère rocheux	La carte de confinement de l’aquifère rocheux classe les conditions en trois catégories : captif, semi-captif et libre. Le confinement est contrôlé par le type de matériel au-dessus de l’aquifère rocheux. De plus, cette carte a été utilisée comme proxy pour la détermination des zones de recharge des aquifères.	La carte du confinement de l’aquifère rocheux a été produite sur la base de la stratigraphie des formations superficielles définie par Caron (2021) ainsi que l’épaisseur des unités hydrogéologiques (Lefebvre et al., 2019).	Les conditions de confinement libre correspondent aux zones où la recharge de l’eau souterraine est la plus importante parce que le type et l’épaisseur de matériaux à la surface permet une infiltration de l’eau jusqu’à l’aquifère rocheux. Les conditions de confinement captif sont présentes où il y a des épaisseurs importantes de sédiments peu perméables qui limitent l’infiltration de l’eau en profondeur. La condition captive est souvent associée aux eaux évoluées alors que la condition libre correspond généralement aux eaux de recharge. Un confinement semi-captif représente les secteurs qui y ont une couverture de sédiments intermédiaire.	L’aquifère rocheux présente une grande portion de confinement captif au centre sud du territoire de la MRC. Cette zone est entourée par des conditions de confinement libre sur la majorité de la MRC. Les hauts topographiques où il y a peu de sédiments au-dessus du roc ont des conditions libres. Les zones ayant un confinement captif se retrouvent principalement dans les vallées où les épaisseurs de sédiments sont plus importantes, incluant des sédiments fins peu perméables.
U-07		Arsenic	La carte renseigne sur la concentration d’arsenic dans l’eau souterraine à partir de différentes sources de données. Les plages de concentration de l’arsenic sont définies à partir de la limite de détection rapportée (LDR) et de la concentration maximale acceptable (CMA; 0,01 mg L ⁻¹) pour l’eau potable selon Santé Canada et le Règlement sur l’eau potable. Cette carte montre aussi les types d’eau, selon son temps de résidence. Elle est exprimée en eaux évoluées pour une eau ayant un temps de résidence long (milliers d’années) et en eau de recharge pour un temps de résidence court (moins de 60 ans).	Une compilation a été faite des données géochimiques existant dans la région de l’Estrie à partir de plusieurs sources : Le BADGEQ du MERN, LE SIH du MELCC, les projets PACES antérieurs, les analyses de l’eau des puits municipaux, les données extraites de rapport hydrogéologique et les données obtenir de la direction de la Santé publique de l’Estrie. (PACES-ESTRIE, 2019)	La carte de l’arsenic se lit selon la présence ponctuelle dans un temps donné de la présence de ce métalloïde dans l’eau souterraine. La carte illustre les secteurs problématiques d’une contamination naturelle par l’arsenic dans l’eau potable. Les zones de forte présence d’arsenic sont souvent caractérisées par des eaux évoluées avec un temps de résidence long.	La fréquente présence de fortes concentrations en arsenic dans l’eau souterraine de la MRC est une problématique sérieuse. Les échantillons avec de fortes concentrations ou des dépassements de CMA se retrouvent principalement dans le type d’eau évoluée à proximité de la ville de Windsor. D’autres secteurs plus restreints de la MRC montrent de fortes concentrations ou des dépassements de CMA.

U-08		Manganèse	La carte renseigne sur la concentration en manganèse dans l'eau souterraine à partir de différentes sources de données. Les plages de concentration sont définies à partir de la limite de détection rapportée (LDR) et de la concentration maximale acceptable (CMA; 0,12 mg L⁻¹) pour l'eau potable recommandée par Santé Canada, mais qui n'a pas encore été intégrée aux normes du Règlement sur l'eau potable. Cette carte montre aussi les types d'eau, selon son temps de résidence. Elle est exprimée en eaux évoluées pour une eau ayant un temps de résidence long (milliers d'années) et en eau de recharge pour un temps de résidence court (moins de 60 ans).	Une compilation a été faite des données géochimiques existant dans la région de l'Estrie à partir de plusieurs sources : Le BADGEQ du MERN, LE SIH du MELCC, les projets PACES antérieurs, les analyses de l'eau des puits municipaux, les données extraites de rapport hydrogéologique et les données obtenir de la direction de la Santé publique de l'Estrie. (PACES-ESTRIE, 2019)	La carte du manganèse de lit selon la présence ponctuelle dans un temps donnée de la présence de ce métalloïde dans l'eau souterraine. La carte illustre les secteurs problématiques d'une contamination naturelle par le manganèse dans l'eau potable. Les zones de forte présence du manganèse sont souvent caractérisées par des eaux évoluées avec un temps de résidence long.	Dans la MRC de Val-Saint-François, de fortes concentrations ou des dépassements de CMA pour le manganèse (Mn) sont présentes sur presque tout le territoire. Il y a toutefois peu de données disponibles dans la partie sud-ouest de la MRC où la situation par rapport au Mn ne peut pas être définie clairement. Une surveillance de la présence de Mn dans l'eau des puits d'approvisionnement sur tout le territoire serait requise.
U-14		Puits privés, puits municipaux et puits échantillonnés	Le fond de la carte montre le type d'eau. Les couches présentées sur la carte sont le niveau de risque, les aires de protection des puits municipaux, la densité des puits (voir carte U-02), la localisation des puits d'approvisionnement en eau municipaux et les groupes d'eau selon l'eau de recharge et l'eau évoluées. Ainsi, cette carte représente les groupes d'eau vulnérable à la contamination de surface.	Voir la carte U-02 pour une explication sur la densité des puits. Voir la carte U-05 pour une explication sur le niveau de pression relié à l'occupation du sol. Le niveau de risque de contamination des puits est relié à la fois à la « vulnérabilité » géochimique basée sur la proportion d'eau « jeune » (moins de 50 ans) dans l'eau prélevée par le puits ainsi que sur l'importance des activités potentiellement polluantes en amont du puits (Colléau, 2019).	Il est important de connaître la localisation des puits municipaux et privés afin de les protéger d'une contamination. Notamment, si l'eau devient contaminée, cela engendrerait une augmentation des coûts pour le traitement de l'eau potable à la municipalité, voire la délocalisation du puits vers un autre secteur. Ces lieux sont importants à protéger afin d'éviter des contaminations et l'augmentation conséquente des coûts d'approvisionnement de l'eau potable. D'ailleurs, la carte informe sur le type d'eau, dont l'eau de recharge qui est plus à risque à la contamination. Le groupe contient huit catégories divisées en deux groupes. Le premier contingent constitue les eaux de recharge et le second groupe constitue les eaux évoluées. Les groupes sont présentés selon leurs dégradations en ordre croissant (du haut vers le bas). Ses informations sont très pertinentes pour connaître les secteurs ayant déjà des problématiques sur la qualité de l'eau et l'aménagement doit intervenir.	La densité des puits montre 2 secteurs avec moins de 10 puits par km², un secteur présente une densité de puits privés entre 10 et 15 et deux secteurs présentent des densités de puits allant jusqu'à 25 puits par km². La présence d'une densité de 10 puits et moins autour de Richmond est due à la localisation des puits autour de la municipalité. Le puits d'alimentation municipal de Richmond se retrouve à Cleveland. Ce puits municipal présente un niveau de risque important à la contamination. Ces mêmes caractéristiques se retrouvent au puits localisé près du lac Brompton. Les groupes d'eau à proximité de Windsor présentent des signes de dégradation les plus élevés de leur catégorie (B1a). De plus, le même constat est observable avec les eaux évoluées qu'il y a six sites avec une dégradation très élevée (B2b). Les eaux de recharge sont majoritairement plus impactées que les eaux évoluées. Toutefois, une caractéristique du territoire de l'Estrie est la présence naturelle d'arsenic et de manganèse en une forte concentration.
U-03	Aménagement	Affectation du territoire	L'affectation du territoire présente la vocation du territoire, c'est-à-dire la vision de l'utilisation du territoire par les autorités régionales.	La carte a été produite à partir de la base de données du MAMOT du portrait provincial en aménagement du territoire (PPAT).	Il faut utiliser cette carte comme vision d'ensemble du territoire. Il est primordial d'analyser cette carte avec la carte de l'occupation du sol parce qu'elle montre utilisation actuelle du territoire et la carte de l'affectation montre la vision possible de l'utilisation du sol. Ainsi, les activités conflictuelles avec l'eau souterraine peuvent orienter les autorités du milieu à changer l'affectation pour une prévention de la dégradation de la qualité de l'eau souterraine.	L'affectation du territoire de la MRC de Val-Saint-François est caractérisée par une forte proportion d'une vocation agroforestière. On retrouve la vocation agricole en deuxième et l'affectation récréative en troisième. Les noyaux urbains d'importance se retrouvent principalement le long de la rivière Saint-François avec les municipalités de Windsor et de Richmond, à l'exception de la municipalité de Valcourt qui n'est pas à proximité de la rivière Saint-François.

U-06		Occupation du sol	Cette carte montre l'utilisation actuelle du territoire selon 8 classes : agricole, anthropique, aquatique, coupe et régénération, forestier, milieux humides, non classifiés et sol nu et landes.	La carte de l'occupation du sol a été produite à partir des données de l'occupation du sol fourni par le MELCC. La symbolologie simplifiée a été utilisée pour la production cartographique.	L'occupation du sol joue un rôle dans la planification actuelle du territoire. L'occupation nous renseigne sur les usages potentiellement problématiques ou nécessitant une gestion et une surveillance accrues pour la protection des zones de recharge de l'aquifère.	L'occupation du sol décortique l'affectation agroforestière selon les sections forestière et agricole du territoire. La MRC est fortement dominée par une occupation forestière du territoire suivi du domaine agricole, des milieux humides et pour finir avec l'occupation urbaine du territoire.
U-02		Densité de puits	La carte de densité de puits montre la concentration de puits au kilomètre carré sur le territoire étudié.	La localisation des puits a été obtenue par la base de données du SIH. Le calcul de densité a été obtenu par l'outil Densité de noyau dans le logiciel Arc Map, où la fonction de densité de noyau est basée sur la fonction quartique décrite par Silverman (1986).	La carte de densité de puits montre les secteurs où il y a une forte présence d'usagers possédant un puits individuel. Cette information est pertinente afin de connaître le nombre d'usagers pouvant être touchés s'il y a une dégradation de l'eau souterraine dans le secteur. Ainsi les mesures à mettre en œuvre doivent considérer l'importance relative de l'usage de l'eau souterraine.	Il y a deux secteurs à forte densité de puits près de la route 222 et la municipalité de Mont-Dufresne.
U-05	Diagnostic	Niveau de pression de l'occupation du sol par rapport au confinement	La carte de pression de l'occupation du sol par rapport au confinement montre les usages du sol pouvant avoir un impact sur la qualité de l'eau de recharge de l'aquifère ayant un confinement libre ou semi-libre sur le territoire. La pression est classée en cinq niveaux allant de très faible à très élevé.	La carte a été obtenue en multipliant les valeurs numériques des classes d'occupation du sol par la valeur numérique des classes de confinement de l'aquifère rocheux. Le résultat montre différents niveaux de pression classées de très faibles à très élevés.	L'utilisation de cette carte est très pratique, notamment lorsque la carte de vulnérabilité DRASTIC n'est pas encore disponible sur un territoire donné. La carte permet de cibler les endroits où des activités peuvent avoir un impact sur la zone de recharge de l'eau souterraine, qui correspondent à l'indicateur « très élevé » en rouge. Les zones vertes représentent des secteurs ayant peu de risque de contamination, quelle que soit l'activité en surface. Les secteurs classés « modéré », en jaune, présentent une activité non problématique sur une zone où le confinement est libre. Dans ce cas, la conversion du territoire vers un autre usage doit être analysée afin de ne pas impacter l'aquifère par le développement d'une nouvelle activité potentiellement polluante	La carte met en évidence un grand secteur d'incompatibilité de l'usage en surface sur le confinement libre de l'aquifère. Les autres secteurs sont reliés à quelques pressions en îlot sur les zones de recharge de l'aquifère. Le grand secteur problématique est localisé à Windsor, allant au nord de la municipalité jusqu'à l'extrémité de la limite administrative de la MRC et à l'est de la municipalité. L'occupation dans ces secteurs est agricole ou urbaine. Le second îlot est autour des municipalités de Valcourt et de Lawrenceville.

U-15		Zones de recharge à protéger	La carte des zones de recharge à protéger renseigne sur le niveau de priorité à accorder à la protection des zones de recharge en fonction des conditions qu'on y retrouve. Les zones à protéger sont des zones de forte recharge qui sont vulnérables. Le niveau de priorité augmentera si l'occupation du sol représente un risque (zones urbaines ou agricoles), s'il y a évidence de dégradation de la qualité d'eau (selon les groupes d'eau de recharge) et s'il y a plusieurs utilisateurs de l'eau souterraine en aval (puits résidentiels en forte densité ou puits municipaux).	La carte des zones de recharge à protéger a été obtenue par l'analyse de l'ensemble des conditions sur le territoire. Le niveau de priorité est obtenu par la mise en relation des indices de dégradation de l'eau souterraine par rapport à la densité de puits résidentiels et la présence de puits municipaux. Le produit des deux paramètres informe sur le niveau de priorisation des enjeux du territoire en cinq classes.	Les zones de recharge à considérer sont indiquées par des ellipses. Chacune des ellipses possède plusieurs types d'enjeux. Les enjeux considérés sont les enjeux prédominants et ayant un lien avec l'aménagement du territoire. L'épaisseur du trait de l'ellipse montre l'importance relative de la protection par rapport au type d'enjeux, et de l'impact sur le nombre de citoyens affectés par une dégradation éventuelle de l'eau souterraine. Cette carte est le résultat de l'analyse des risques potentiels ou avérés de dégradation de l'eau souterraine sur le territoire d'étude et la carte est basée sur différents paramètres : hydrogéologie, géologie, aménagement du territoire, etc. Les enjeux de type agricole sont reliés à des activités telles que les applications et l'entreposage de fertilisants, de pesticides ou d'autres produits chimiques en relation avec diverses qui peuvent avoir un impact par l'infiltration des contaminants jusqu'à la nappe.	Les zones de recharge à protéger dans la MRC se retrouvent dans 13 secteurs représentés sur la carte de la figure 2. Les enjeux sur le territoire sont l'arsenic et le manganèse et le risque de contamination de puits privés ou municipaux par l'absence de protection des zones de recharge de l'aquifère. Les zones 10, 11, 13 et 16 sont prioritaires. Les différents secteurs ayant une forte pression agricole ou urbaine nécessitent une attention particulière en relation avec un accroissement éventuel du développement dans ces zones. Plusieurs secteurs se trouvent en zone de confinement libre et peuvent potentiellement avoir un impact sur la qualité de l'eau souterraine. Des mesures préventives comme la conservation des boisés actuels peuvent être une solution pour la protection des aquifères, mais plusieurs solutions demeurent disponibles pour la protection des zones de recharge.
U-10	Synthèse	Synthèse	La carte synthèse regroupe l'ensemble de l'information pertinente permettant d'illustrer les liens entre les éléments du portrait par rapport au diagnostic.	La carte synthèse a été produite par le regroupement de plusieurs informations déjà montrées sur les autres cartes précédemment.	La carte est assez complexe à prime abord. Avant d'aborder la carte synthèse, il est important de faire l'analyse individuelle des cartes produites précédemment. La carte synthèse doit être utilisée afin de visualiser ensemble les différentes informations utiles à la détermination des enjeux en relation avec la protection des zones de recharge ou d'autres enjeux reliés à l'eau souterraine.	La carte synthèse résume l'ensemble de la situation sur l'eau souterraine sur le territoire de la MRC de Val-Saint-François qu'il est important de considérer en relation avec l'aménagement du territoire.

Après l'analyse des différentes informations cartographiques, le regroupement de l'information sur les outils d'aménagement permet une meilleure compréhension des enjeux associés à l'action. Cette association est essentielle afin de comprendre comment un enjeu peut être intégré aux schémas d'aménagement par les outils existants ou nouveaux. Les figures 4 et 5 regroupent l'information des outils existants qui seront essentiels au développement des enjeux ciblés à la section 3.2. La présentation détaillée des enjeux selon leur niveau de priorité est illustrée aux tableaux 6 et 7 qui ont été développés en collaboration avec les acteurs pour chacune des MRC.

Tableau 4. Outils potentiels pour l'aménagement du territoire afin de prendre en considération les enjeux d'eau souterraine.

Nom de l'outil	Description de l'outil	Comment l'outil peut être appliqué aux enjeux sur l'eau souterraine
Plan d'urbanisme	« Le plan d'urbanisme est le document de planification qui établit les lignes directrices de l'organisation spatiale et physique d'une municipalité tout en présentant une vision d'ensemble de l'aménagement de son territoire (MAMH, 2021) ». De plus, le plan d'urbanisme doit être conforme aux orientations contenues dans les schémas d'aménagement de la MRC	Le plan d'urbanisme est un document non opposable aux citoyens. Cependant, il encadre la réglementation d'urbanisme, laquelle est opposable aux citoyens. Ainsi, le plan d'urbanisme permettrait de mettre en application la vision, l'orientation sur la protection des zones de recharge sur leur territoire respectif.
Grandes affectations du territoire	« La détermination des grandes affectations du territoire montre la manière dont la municipalité ou la MRC souhaite utiliser le territoire. Elle permet aussi d'agencer les utilisations du territoire (MAMH, 2021) ».	Les grandes affectations du territoire sont utilisées afin de visualiser l'aménagement futur. Elles permettent aussi un agencement de l'utilisation du sol avec l'eau souterraine. Ainsi, il s'agit d'appliquer des modifications à l'affectation du territoire ou l'utilisation de pratiques prévenant la contamination pour assurer d'une cohérence avec les secteurs les plus vulnérables à une dégradation de l'eau souterraine.
Territoire d'intérêt	« La détermination des territoires présentant un intérêt historique, culturel, esthétique ou écologique permet d'identifier et de circonscrire physiquement les ressources patrimoniales dans leur sens le plus large. Elle permet aussi de favoriser le maintien ou le développement des caractéristiques qui leur sont propres et de renforcer, par le fait même, le sentiment d'appartenance à un milieu de vie donné (MAMH, 2021). »	Cet outil peut être utilisé afin de sauvegarder un territoire d'intérêt écologique. La conservation de forêts ou de sol sans infrastructures anthropiques est bénéfique aux zones de recharge de l'aquifère. Les milieux à cibler seraient les zones à fort et moyen risque. De plus, la conservation d'écosystèmes contribue à l'amélioration de la qualité de vie des citoyens. La proximité avec l'espace vert procure un bien-être par sa présence (White et al., 2019), ce qui se trouve à être l'un des objectifs de gestion durable de l'eau souterraine.
Plan directeur de l'eau	« En vertu de la Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et visant à renforcer leur protection (Loi sur l'eau), le mandat principal des organismes de bassins versants est d'élaborer, de mettre à jour, de promouvoir et de suivre la mise en œuvre d'un plan directeur de l'eau (PDE). Un PDE est un outil de planification ayant pour but la mise en œuvre d'une gestion intégrée de l'eau à l'échelle d'un ou de plusieurs bassins versants. Il permet d'assurer une gestion	Le plan directeur permettrait d'avoir un portrait de la ressource eau (eau de surface et eau souterraine) sur l'ensemble de leur territoire. Le PDE prend en compte la réalité territoriale d'un bassin versant. De ce fait, le PDE permet une coordination avec les MRC ainsi qu'une vision intégrée de la gestion de l'eau. De plus, le PDE offre une concordance de la gestion intégrée de l'eau avec les schémas d'aménagement et de développement en prenant en compte des enjeux ressortis lors du processus participatif d'élaboration du PDE avec les acteurs de l'eau.

	saine et efficace des activités et usages liés à l'eau sur le territoire d'un bassin versant. Développé par les OBV, en concertation avec les acteurs du milieu, ce document stratégique rassemble les éléments d'information nécessaire à la compréhension des problèmes d'ordre hydrique et environnemental d'un bassin versant ainsi que les solutions envisagées pour y remédier, notamment en matière de protection, de restauration, de mise en valeur de l'eau et des écosystèmes associés. Il définit de plus les objectifs à atteindre et priorise les actions à entreprendre pour y arriver (MEDDEP, 2007). »	La prise en considération des enjeux de l'eau souterraine dans les PDE permettrait aux municipalités d'avoir une référence et un appui auprès des acteurs de l'eau. Cet appui pourrait être favorable à la prise de décision auprès des élus et des citoyens afin de sauvegarder des milieux naturels en général.
Communication	N/A	La communication est essentielle pour sensibiliser et pour vulgariser les informations sur l'eau souterraine. Les groupes cibles sont divers. Chacun des messages doit être adapté selon le niveau de compréhension de la notion sur l'eau souterraine et de l'objectif du message. La communication peut être utilisée afin d'expliquer des enjeux comme la contamination naturelle de l'eau souterraine.
Participation publique	« La participation publique désigne l'ensemble des processus et activités permettant à l'organisme municipal d'intégrer les préoccupations, les besoins et les valeurs de la collectivité dans sa prise de décision. Le terme "participation" s'applique donc à l'éventail complet des méthodes par lesquelles le public peut prendre part aux décisions qui le concernent (MAMH, 2021). »	La MRC ou la municipalité ont l'obligation de consulter la population. Toutefois, un effort de concertation peut être bénéfique afin de connaître l'avis et les solutions que les citoyens sont prêts à mettre en application pour prévenir la dégradation et protéger la ressource en eau souterraine.

Tableau 5. Outils réglementaires potentiels pour l'aménagement du territoire afin de prendre en considération les enjeux sur l'eau souterraine.

Nom de l'outil	Description de l'outil	Comment l'outil peut être appliqué aux enjeux de l'eau souterraine
Règlement de zonage	« Le règlement de zonage permet de diviser le territoire en zones, en vue de contrôler l'usage des terrains et des bâtiments, ainsi que l'implantation, la forme et l'apparence des constructions. Régir, dans chaque zone, l'occupation du sol, notamment en prohibant ou en autorisant les constructions et les usages Tenir compte de la vocation naturelle des territoires ou de leurs caractéristiques physiques ; Les densités d'occupation du sol, dans chacune des zones. L'occupation du sol en présence de contraintes naturelles et anthropiques. La plantation ou l'abattage d'arbres L'aménagement des terrains » (MAMH, 2021)	Le règlement de zonage est central à la grande majorité des outils de planification du territoire et aux autres règlements en aménagement et en urbanisme. Le règlement de zonage tant à être délaissé par les municipalités de moyenne et grande taille par le PAE ou PIIA. Lesquels permettent une meilleure polyvalence à la réalité régionale et locale.
Mesure de contrôle intérimaire	« Le contrôle intérimaire permet à une MRC, une communauté métropolitaine ou une municipalité, selon le cas, de restreindre ou de régir la réalisation de nouveaux projets de lotissement, de construction ou de nouvelles utilisations du sol lors de l'élaboration, de la modification ou de la révision des outils de planification, c'est-à-dire le schéma d'aménagement et de développement ou le plan d'urbanisme. • Préciser les grandes orientations d'aménagement relatives aux vocations principales du territoire, à son organisation et à sa structuration ; • Fixer les moyens à prendre afin de concrétiser les choix effectués » (MAMH, 2021)	La mesure de contrôle intérimaire permet d'élaborer une réglementation temporaire afin de s'assurer de l'intégration des nouvelles mesures auprès des différents cadres réglementaires municipaux. Cet outil pourrait être utilisé pour l'élaboration d'un cadre réglementaire entourant l'eau souterraine.
Plantation et abattage des arbres	« Une municipalité ou une MRC peut régir ou restreindre la plantation ou l'abattage d'arbres afin d'assurer la protection du couvert forestier et de favoriser l'aménagement durable de la forêt privée. • Réduire la pression sur les milieux forestiers en canalisant les besoins en nouvelles superficies agricoles vers les espaces en friche ; • Protéger le caractère et l'authenticité du milieu rural en tant qu'apport important à la richesse et à la diversité du territoire ; » (MAMH, 2021)	L'utilisation du règlement sur la plantation et l'abattage des arbres peut servir pour conserver la vocation de boisé sur des terres agricoles. La conservation en boisé permet de diminuer la pression sur le site où le confinement est libre.
Règlement sur la gestion des contraintes	« La Loi a introduit dans la LAU un nouveau pouvoir réglementaire pour les MRC leur permettant d'établir à l'égard d'un lieu déterminé toute norme destinée à tenir compte :	La réglementation sur la gestion des contraintes naturelles et anthropiques permettrait à une MRC de créer un cadre législatif pour la prévention et la protection de l'eau souterraine. Actuellement, il n'y a pas de ressource propre à la prévention et à la protection des usagers de catégorie 2 et 3

naturelles et anthropiques	- De tout facteur, propre à la nature du lieu, qui soumet l'occupation du sol à des contraintes liées à la sécurité publique ou à la protection de l'environnement (contraintes naturelles) ; - De la proximité réelle ou éventuelle d'un immeuble ou d'une activité qui soumet l'occupation du sol à des contraintes liées à la sécurité publique, à la santé publique ou au bien-être général (contraintes anthropiques). Les MRC dotées d'un comité consultatif en aménagement du territoire peuvent, dans ce règlement, assujettir la délivrance de tout permis de construction ou de lotissement ou de tout certificat d'autorisation à la production d'une expertise par le demandeur. L'objectif est de renseigner le conseil sur la pertinence de délivrer un permis ou un certificat. Le conseil pourra également prévoir des conditions auxquelles devra être assujettie cette délivrance compte tenu des contraintes naturelles présentes sur le site (art. 79.6 de la LAU). » (MAMH, 2021)	sur les puits privés. De plus, les secteurs à forte vulnérabilité possèderaient des mesures afin d'atténuer les activités incompatibles sur le territoire.
Plan d'aménagement d'ensemble (PAE)	« L'inventaire des zones devant faire l'objet d'une planification détaillée par les propriétaires, dans le Règlement sur les plans d'aménagement d'ensemble (PAE), permet à la municipalité d'assurer un développement cohérent et durable de ces parties du territoire, et ce, avant toute modification des règlements d'urbanisme. » (MAMH, 2021)	Le plan d'aménagement d'ensemble permettrait lors du développement de nouveaux quartiers résidentiels, de changement de fonction ou de projets de villégiature de prendre en considération les enjeux de l'eau souterraine sur le territoire cible, notamment dans la prévention de la dégradation de l'eau potable.
Plans d'implantation et d'intégration architectural (PIIA)	« L'identification, dans le Règlement sur les plans d'implantation et d'intégration architecturale (PIIA), de certains territoires ou de certaines catégories de projets devant faire l'objet d'une évaluation qualitative au moment d'une demande de permis ou de certificat, permet à la municipalité d'assurer la qualité de l'implantation et de l'intégration architecturale tout en tenant compte des particularités de chaque situation. » (MAMH, 2021)	L'usage d'un plan d'implantation et d'intégration architectural permet de conserver, lors du développement de nouveaux quartiers, des boisés, des terres en friche, des milieux humides. Le maintien de sa zone permet une infiltration de l'eau dans le sol afin de maintenir un bon niveau de recharge de l'aquifère.
Règlement sur les permis et certificats en urbanisme	« Le règlement sur l'émission des permis et des certificats en urbanisme permet aux municipalités d'établir les modalités administratives qui les encadrent et qui autorisent la réalisation des projets visés par les règlements d'urbanisme. » (MAMH, 2021)	En lien avec différents règlements et l'idée d'instaurer une grille de compatibilité de l'usage, la municipalité ou la MRC peut exiger les modalités requises en matière d'étude hydrogéologique afin de connaître les risques sur la ressource. La demande d'étude pourrait être selon un palier de vulnérabilité. Par exemple le niveau de l'étude et des autorisations doit être complet dans les confinements libres par rapport au confinement captif. Enfin, la municipalité ou la MRC peut demander des conditions spécifiques afin de s'assurer de la bonne gestion de l'activité et d'éviter la dégradation de l'eau souterraine.

Tableau 6. Relation avec l'usage à protéger et les conditions problématiques potentielles dans la zone à prévenir ou à encadrer auprès de la MRC de Coaticook.

Ordre de priorité	No. de la zone	Priorité	Relation avec un usage à protéger en aval	Type d'enjeu	Condition problématique potentielle dans la zone à prévenir ou encadrer	Actions suggérées	MRC visée	Commentaire
1	1	Élevé	- Contamination de l'eau souterraine pour l'approvisionnement en eau potable - Protection des puits privés des agriculteurs et résidents	Qualité de l'eau – Origine anthropique – Origine naturelle (As et Mn)	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés	1, 2, 5, 7	MRC Coaticook	Présence de preuve lors de relevé physico-chimique
2	6	Moyenne	Contamination de l'eau souterraine pour l'approvisionnement en eau potable	Qualité de l'eau – Origine anthropique	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés	1, 2, 7	MRC Coaticook	
3	2	Faible	Contamination de l'eau souterraine pour l'approvisionnement en eau potable Protection des puits privés des agriculteurs et résidents	Qualité de l'eau – Origine anthropique	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés	1, 2, 7	MRC Coaticook	
4	3	Faible	Contamination de l'eau souterraine pour l'approvisionnement en eau potable Protection des puits privés des agriculteurs et résidents	Qualité de l'eau – Origine anthropique	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés	1, 2, 6, 7	MRC Coaticook	
5	7	Faible	Contamination de l'eau souterraine pour l'approvisionnement en eau potable Protection des puits privés des agriculteurs et résidents	Qualité de l'eau – Origine anthropique	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés	1, 2, 7	MRC Coaticook	
6	4	Très faible	Protection des puits privés des villégiateurs	Qualité de l'eau – Origine anthropique – Origine naturelle (Mn)	Densification de la villégiature	1, 2, 5, 6, 8	MRC Coaticook	
7	5	Très faible	Protection des puits privés des résidents	Qualité de l'eau – Origine anthropique	Éviter le développement d'activité non compatible dans la zone à protéger en aval de la ville.	1, 2, 8,	MRC Coaticook	

Tableau 7. Relation avec l'usage à protéger et les conditions problématiques potentielles dans la zone à prévenir ou à encadrer auprès de la MRC du Val-Saint-François.

Ordre de priorité	No. de la zone	Priorité	Relation avec un usage à protéger en aval	Type d'enjeu	Condition problématiques potentielles dans la zone à prévenir ou encadrer	Actions suggérées	MRC visée	Commentaire
1	13	Élevé	Protection des puits privés agricoles et résidentiels	Qualité de l'eau – Origine anthropique	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés	1, 2, 7	MRC Val-Saint-François	Pour l'ensemble du territoire de Val-Saint-François, élaborer un projet sur la présence et le taux de l'arsenic et manganèse.
2	16	Élevé	Protection des milieux écologie Protection des sources d'approvisionnement d'eau potable Pression sur ressource en eau	Qualité de l'eau – Origine anthropique – Origine naturelle (As et Mn)	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés Densification du résidentiel	1, 2, 5, 7, 8	MRC Val-Saint-François	
3	9	Moyenne	Contamination de l'eau souterraine pour l'approvisionnement en eau potable Protection des puits privés des agriculteurs et résidents Protection des sources d'approvisionnement municipal	Qualité de l'eau – Origine anthropique – Origine naturelle (Mn)	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés	1, 2, 5, 7	MRC Val-Saint-François	
4	10	Moyenne	Maintenir la vocation forestier dans le secteur le développement de zone Protection de l'eau potable des puits privés	Qualité de l'eau – Origine anthropique – Origine naturelle (As)	Forte densité de résidence de villégiature dans les secteurs à protéger	1, 2, 5, 8	MRC Val-Saint-François	
5	11	Moyenne	Contamination de l'eau souterraine pour l'approvisionnement en eau potable Protection des puits privés des agriculteurs et résidents Protection des sources d'approvisionnement municipal	Qualité de l'eau – Origine anthropique – Origine naturelle (As et Mn)	Forte densité de résidence de villégiature dans les secteurs à protéger	1, 2, 5, 8	MRC Val-Saint-François	
6	15	Moyenne	Protection des puits privée et sensibilisation	Qualité de l'eau – Origine anthropique	Présence d'arsenic et manganèse naturelle Accroissement de la zone urbaine au détriment des secteurs boisés	1, 2, 5, 8	MRC Val-Saint-François	
7	18	Moyenne	Contamination de l'eau souterraine pour l'approvisionnement en eau potable Protection des puits privés des agriculteurs, résidents et municipaux	Qualité de l'eau – Origine anthropique – Origine naturelle (As et Mn)	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés	1, 2, 5, 7, 8	MRC Val-Saint-François	
8	8	Faible	Contamination de l'eau souterraine pour l'approvisionnement en eau potable Protection des puits privés des agriculteurs et résidents	Qualité de l'eau – Origine anthropique	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés	1, 2, 5, 7	MRC Val-Saint-François	
9	17	Faible	Protection de la zone de recharge pour le milieu humide	Qualité de l'eau – Origine anthropique	Potentielle de contamination du milieu humide	1, 2	MRC Val-Saint-François	
10	19	Faible	Contamination de l'eau souterraine pour l'approvisionnement en eau potable Protection des puits privés des agriculteurs, résidents et municipaux	Qualité de l'eau – Origine anthropique	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés	1, 2, 5, 7, 8	MRC Val-Saint-François	
11	12	Très faible	Protection des puits privés agricoles et résidentiels	Qualité de l'eau – Origine anthropique	Prévenir l'exploitation des zones pour un intérêt écologie et de contamination de l'eau souterraine	1, 2	MRC Val-Saint-François	
12	14	Très faible	Protection des puits privés agricoles et résidentiels	Qualité de l'eau – Origine anthropique	La gestion non spécifique aux zones de recharge de l'entreposage, l'épandage de fertilisant, de pesticide, d'engrais chimique sur les terres agricoles. Accroissement de la superficie agricole au détriment des secteurs boisés Prévenir la contamination en aval de la zone agricole	1, 2, 7	MRC Val-Saint-François	
13	20	Très faible	Conservation du milieu écologique Non compatible avec l'ensemble résidentiel	Qualité de l'eau – Origine anthropique	Activités ayant potentiellement un impact sur l'eau souterraine	1, 2, 3	MRC Val-Saint-François	

En somme, les activités présentes sur le territoire de la MRC du Val-Saint-François et de la MRC de Coaticook semblent avoir peu d'impact majeur actuellement sur la qualité de l'eau souterraine. Néanmoins, des problèmes de quantité d'eau existent sur les deux territoires. Même avec un impact faible, certains secteurs nécessitent une intervention des autorités de l'aménagement du territoire afin prévenir la dégradation de la ressource en eau souterraine qui a été identifiée dans certains secteurs, mais généralement sans que les normes de potabilité soient dépassées. La mise en place d'actions préventives est la solution pour la préservation des importantes zones de recharge de l'aquifère.

L'approche auprès des aménagistes a obtenu des résultats probants. Les aménagistes peuvent maintenant se fier sur cette procédure pour envisager l'intégration des connaissances dans le schéma d'aménagement.

4. Discussion

Le projet a été en mesure de répondre aux trois objectifs spécifiques de l'appropriation des connaissances sur les eaux souterraines permettant leur intégration dans les schémas d'aménagement. Le dernier objectif, soit la production d'un guide à l'intention des aménagistes, est d'ordre complémentaire aux travaux et se retrouve en annexe. Le guide sera bonifié au cours des prochains mois, en collaboration avec les deux MRC partenaires. La présente discussion est divisée en 4 parties : la première, sur la perception des connaissances sur l'eau souterraine, discute des faits inattendus ressortis des entrevues avec les acteurs ; la seconde, de l'action à l'intégration, traite de la façon dont certains outils correspondent mieux à l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine dans le SAD ; la troisième, limites du processus, présente des limites rencontrées tout au long du projet ; et, enfin, la quatrième formule des recommandations.

4.1. Perception des connaissances sur l'eau souterraine

La perception entourant les concepts reliés à l'eau souterraine, sa gestion et sa planification laisse croire qu'il est très complexe de mettre des mesures de gestion et de protection en application. À plusieurs reprises, autant durant les entrevues qu'au cours de la collaboration, les acteurs ont signifié la difficulté d'appliquer ou de voir comment les connaissances sur l'eau souterraine peuvent être intégrées dans le schéma d'aménagement. Puisque l'eau souterraine ne peut se voir, plusieurs acteurs ne saisissent pas la pertinence d'agir immédiatement parce que les problèmes potentiels ne sont pas observables comme pour l'eau de surface. Ainsi, les aménagistes ont besoin d'une formation ainsi que d'un accompagnement afin d'être en mesure de considérer l'eau souterraine lors de l'aménagement du territoire. Cette meilleure maîtrise des concepts reliés à l'eau souterraine permettrait aussi aux aménagistes de communiquer aux citoyens, élus et entrepreneurs le besoin de prendre des mesures d'aménagement reliés à l'eau souterraine.

4.2. De l'action à l'intégration

Les MRC disposent d'une multitude d'outils et de règlements pour la mise en application des actions suggérées à la partie des résultats du présent rapport. Une intégration des connaissances sur l'eau dans les schémas d'aménagement nécessite une combinaison de règlements et d'outils. Il n'est pas nécessaire d'avoir plus de mesures coercitives pour la gestion et la protection de l'eau souterraine, mais il est nécessaire d'avoir une bonne gestion et un suivi des activités sur le territoire afin de limiter l'impact sur les secteurs où l'eau souterraine est la plus vulnérable. Une des solutions retenues dans les résultats est l'élaboration d'une grille de compatibilité. Une telle grille pourrait permettre à la municipalité et à la MRC de connaître les zones où l'aquifère présente une vulnérabilité élevée et où l'usage du territoire serait alors autorisé selon certaines conditions. Cette approche est similaire à celle utilisée pour les zones à contraintes de glissement de terrain (un tableau exemple se trouve à l'annexe 1). Ainsi, les activités pourraient être classées selon

un degré de risque et cela permettrait d'orienter la municipalité dans la demande de certificats et de permis nécessaires pour la réalisation de l'activité. Ce type de grille devra être fait en collaboration avec les MRC, les municipalités et les instances gouvernementales afin d'assurer une uniformité et des spécificités territoriales.

Une deuxième solution à la protection des zones de recharge est inspirée du cadre de l'aménagement français. La mesure retenue serait l'élaboration d'une taxe d'aménagement dédiée à l'espace naturel sensible (ENS) (Cerema, 2021, a ; Conservatoire du littoral, 2021). Cette taxe a été mise en application par une « politique de protection, de gestion et d'ouverture au public des espaces naturels sensibles, boisés ou non » (Cerema, 2021, b). Cette politique a permis le développement d'un outil d'aménagement qui se nomme *droit de préemption* (Article L. 113-8 du code de l'urbanisme). Le droit de préemption permet d'acquérir des terrains privés et de les convertir en territoire public pour la préservation d'écosystèmes. La taxe d'aménagement est collectée par les dépôts pour les permis de construction qui permet le financement d'achat des terrains pour la protection. Ce financement permet un investissement dans les espaces naturels. Cette manière de faire est similaire au *règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques (RCAMHH)*. Plutôt que de demander une compensation financière par la destruction de milieux humides ou hydriques, l'ensemble de la trame bleue et la trame verte posséderait une valeur ajoutée qui devrait être payée par la construction sur les terrains naturels. Par conséquent, cela permettrait d'avoir un incitatif à la densification ainsi qu'à la réduction de la perméabilisation et de l'étalement urbain. Dans le contexte de la protection des zones de recharge, l'instauration d'une politique similaire permettrait d'acquérir des terrains sensibles à la contamination des aquifères et assurerait la préservation et la pérennité de la ressource en eau.

4.3. Limite du processus

Le projet a rencontré plusieurs limites pratiques et conceptuelles. Les limites dans le processus ont touché l'analyse cartographique, les sources de données et la complexité du partage de l'information sur l'eau souterraine. La première limite a été le temps disponible pour réaliser le projet afin d'arriver à la proposition d'actions et d'outils à intégrer dans le schéma d'aménagement et de développement. Le projet aurait nécessité plusieurs rencontres supplémentaires afin de s'assurer de l'assimilation des notions sur l'eau souterraine, de la mise en évidence des enjeux et de l'explication plus élaborée de ces enjeux. Le projet, avec le temps imparti, s'est surtout concentré sur les enjeux de protection de la qualité de l'eau.

La deuxième limite concerne les données transmises à l'équipe de recherche du projet PACES. La base de données du système d'information hydrogéologique (SIH) a besoin d'une validation parce qu'il existe plusieurs discordances entre la base de données et la réalité du territoire. Par exemple, certaines coordonnées de puits de la base de données du SIH se retrouvent au centre d'un cours d'eau, ou d'autres points se trouvent présentement sous une autoroute. De

plus, dans certains secteurs non alimentés par un réseau d'aqueduc, il n'y a aucune présence de puits. Ces incongruités nécessitent un temps de validation énergivore et faussent la création de modèles appuyés sur ces données. Par ailleurs, d'autres sources d'information ont nécessité une validation auprès des acteurs du milieu afin d'assurer leur qualité, par exemple la carte d'affectation du territoire de la MRC de Coaticook remise par le MAMH. Celle-ci illustre les zones forestières de la MRC en territoire résidentiel. Ainsi une vérification a été nécessaire auprès de la MRC.

La troisième limite concerne la disponibilité de certaines informations essentielles pour la réalisation d'un portrait détaillé sur l'eau souterraine. Au moment de la réalisation des travaux, l'élaboration des cartes de vulnérabilité DRASTIC et des zones de recharge n'étaient pas encore complétées dans le cadre du projet PACES Estrie. Ainsi, différentes analyses de ces cartes essentielles pour un diagnostic du territoire ont nécessité l'utilisation ou la production de proxys. Afin d'évaluer la vulnérabilité, un indice de pression de l'occupation du sol par rapport au confinement de l'aquifère rocheux a été créé comme proxy à l'indice DRASTIC. La carte de l'indice de pression représente généralement bien les secteurs les plus vulnérables en fonction des enjeux sur l'eau souterraine, mais peut contenir des manques sur l'information. Un second exemple, pour la carte du confinement de l'aquifère rocheux, nous avons identifié les zones de recharge de l'eau souterraine, mais quelques divergences peuvent s'être glissées entre la carte de l'aquifère rocheux et la carte de la recharge élaborées par l'équipe de l'INRS.

La quatrième limite correspond à la complexité de l'information sur l'eau souterraine. Les non-initiés et même les personnes ayant une base sur le vocabulaire et les processus de l'hydrogéologie éprouvent une difficulté à s'approprier les connaissances de l'hydrogéologie. Il ne suffit pas de fournir les informations sur la situation de l'eau souterraine sur un territoire pour obtenir le résultat souhaité (intégrer la protection des zones de recharge dans les schémas d'aménagement). Quelques MRC ont déjà commencé à intégrer des connaissances sur l'eau souterraine, mais elles représentent un faible pourcentage par rapport à l'ensemble du Québec municipalisé. C'est pourquoi il est important d'accompagner les intervenants du milieu afin de décrire, d'informer et d'expliquer l'ensemble des savoirs hydrogéologiques. De plus, une fois l'information acquise, il faut expliquer comment l'utiliser, ce qu'elle implique sur le territoire et les considérations à prendre en compte pour la protection de l'eau souterraine. Cela fait écho à la première limite sur l'importance de prendre le temps d'accompagner les acteurs dans l'acquisition complète de la notion hydrogéologique pour qu'ils soient en mesure d'expliquer les tenants et aboutissants de la prévention de la dégradation et de la protection de l'eau souterraine aux élus. Les enjeux d'aménagement du territoire par rapport à l'eau souterraine touchent aux questions de qualité et de quantité de l'eau.

La dernière limite correspond à l'absence d'orientation gouvernementale en aménagement du territoire (OGAT) sur la gestion intégrée de l'eau (GIRE). Bien que le processus d'élaboration de l'OGAT GIRE soit en cours, il n'existe aucune directive de l'angle que les MRC ou municipalités doivent prendre pour considérer la ressource eau. Des lois ou des

règlements sur le prélèvement des eaux et leur protection sont en vigueur, mais elles concernent uniquement les prélèvements de catégories 1. Les autres catégories d'usagers de l'eau souterraine font face à l'absence de directives concrètes pour leur protection. De plus, l'absence de directive claire provenant du gouvernement n'encadre pas les aménagistes pour la mise en œuvre des mesures, des actions et des orientations dans leur schéma d'aménagement.

4.4. Recommandations

À la suite du projet, plusieurs recommandations peuvent être émises pour les intervenants, le développement de nouveaux projets de recherche sur la gouvernance de l'eau, la planification territoriale pour la protection de la recharge des eaux souterraines et les orientations gouvernementales.

En premier, il demeure essentiel de poursuivre des études hydrogéologiques sur le territoire afin de raffiner l'échelle de résolution des données. Actuellement, les cartes sont produites à une échelle 1/100 000 à une résolution spatiale de 250 mètres. La connaissance du territoire permet d'apposer la planification d'une meilleure gestion intégrée de l'eau souterraine. Pour y arriver, les municipalités ou la MRC peuvent demander lorsque nécessaire une étude hydrogéologique du secteur qu'un entrepreneur veut développer et des impacts que son activité est susceptible d'avoir sur l'eau souterraine. Ainsi, avec l'étude, il y a un développement de connaissances fines sur de plus en plus de zones de leur territoire. Cette solution permettrait d'avoir une expertise permanente pour appuyer les gestionnaires du territoire et non uniquement de mettre à jour une base de données et d'évaluer s'il y a une dégradation progressive de l'eau souterraine.

En deuxième, l'élaboration d'une orientation gouvernementale est primordiale afin d'accorder de l'importance, et une obligation, pour les MRC et municipalités d'investir du temps et de l'énergie sur les enjeux de protection de l'eau souterraine. Les objectifs par rapport à la protection de l'eau souterraine doivent être abordés de façon proactive avant que l'eau ne soit trop dégradée. L'eau souterraine requiert une planification territoriale adéquate afin de préserver et de conserver de l'eau de qualité pour la consommation (humaine et animale), les écosystèmes, l'agriculture et plusieurs autres fonctions. En revanche, une telle demande doit être accompagnée de nouvelles ressources financières, techniques et humaines. L'OGAT GIRE est en cours de rédaction et sa publication est prévue dans les prochaines années (R. Lefebvre, communication personnelle, 10 juillet 2021). Toutefois, il est important que cette orientation coordonnée par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques prenne en considération les objectifs de protection de l'eau souterraine.

En troisième, il serait nécessaire d'accompagner les aménagistes dans la détermination des enjeux reliés à l'eau souterraine sur leur territoire. Avant de poursuivre une mise en contexte est de mise afin de comprendre la recommandation. En 2008, le gouvernement met en place des projets acquisition de connaissances sur les eaux

souterraines (PACES). Ces projets visent à dresser un portrait de la ressource en eaux souterraines de l'ensemble des territoires municipalisés du Québec méridional afin de protéger et d'en assurer la pérennité (Environnement, 2021). D'ailleurs, Les PACES vont être disponibles à peu près partout sur le territoire à partir de 2022. Par conséquent, les PACES ont produit un volume important de données sous différentes formes (cartographique, rapport, analyse géochimique). Toutefois, ces données demeurent sous-utilisées par les organismes de bassin versant et les municipalités régionales de comté. Deux hypothèses ressortent devant la quasi-absence de l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine dans les documents de planification respective (PDE et SAD).

En premier, il serait nécessaire que les actions des PDE soient développées avant que les MRC commencent à considérer l'eau souterraine dans leur SAD. Ce qui lierait la seconde hypothèse, que l'attente de l'orientation gouvernementale d'aménagement du territoire sur la gestion intégrée de l'eau (GIRE) limite l'élaboration concrète d'action ou d'objectif dans les SAD. Par ce concours de circonstances, l'attente de l'OGAT GIRE est un bon moment afin d'offrir un accompagnement des OBV et des MRC dès que possible afin d'assurer une appropriation et une utilisation des connaissances issues du PACES dans les PDE et SAD, mais aussi pour l'initiation d'une série d'actions locales ou régionales. Toute cette démarche d'intégration de l'eau souterraine dans les actions des PDE et dans les SAD peut prendre plusieurs formes. Il pourrait y avoir un programme « systématique » dont la finalité serait d'abord de supporter les PDE et ensuite les SAD. Aussi, il pourrait aussi y avoir un programme supportant des « initiatives » découlant soit des actions des PDE ou des orientations des SAD. Le premier programme « systématique » le RQES pourrait jouer un rôle dans le support à l'échelle nationale pour les OBV, étant la liaison intermédiaire entre les groupes de recherche et les acteurs sur le territoire lors des ateliers de transfère des connaissances. Le réseau québécois sur l'eau souterraine serait bien positionné pour faire un premier pont entre les universités et les OBV. Par ailleurs, la fin des projets PACES rendra des ressources disponibles au RQES dans le futur. Ensuite, le RQES relayerait aux OBV (une échelle régionale) les outils nécessaires pour l'accompagnement des MRC. Les OBV sont plutôt bien positionnés pour faire le pont entre les MRC et les « experts » en hydrogéologie. Les OBV pourraient aussi s'assurer des discussions inter-MRC du « système eau » (eau de surface et eau souterraine). Cette expertise pourrait provenir des universités qui ont réalisé les projets PACES (ce ne sont pas toutes les universités qui ont conservé une expertise en hydrogéologie après les projets PACES). Encore une fois, ce support des universités aux OBV nécessiterait que des ressources soient rendues disponibles par le MELCC. Par exemple, ces ressources pourraient être octroyées en relation avec un « programme » finançant le développement des actions des PDE reliées aux ressources en eau souterraine. Le support aux aménagistes des MRC, il leur faudra des ressources. Ces ressources pourraient provenir du MAMH aux MRC en relation avec l'éventuelle OGAT GIRE encore du MELCC au RQES et aux OBV.

En quatrième, il faut fournir une personne-ressource sur l'hydrogéologie accessible régionalement. Cette recommandation vise à apporter un soutien supplémentaire spécifique aux municipalités, à la MRC ou à l'OBV. Ainsi, un expert en hydrogéologie pourrait répondre aux questions et aider dans la demande d'études hydrogéologiques

spécifiques futures. Actuellement, certaines équipes de réalisation des projets PACES jouent le rôle de conseillers auprès des organismes publics lorsqu'il y a des questions après la fin du projet. Néanmoins, la tâche ne revient pas à l'université et aux laboratoires de recherche de faire un suivi à très long terme auprès des organisations publiques. En ce sens, un hydrogéologue mandaté par le gouvernement pourrait être une ressource à long terme et permettrait aux aménagistes de se consacrer aux enjeux d'aménagement du territoire en relation avec la protection des zones de recharge de l'aquifère. C'est pourquoi un hydrogéologue est essentiel pour s'assurer d'avoir une expertise sur les connaissances sur l'eau souterraine qui ne se transfèrent pas.

En cinquième, soutenir le rôle des organismes de bassin versant comme organismes de suivi des enjeux sur l'eau souterraine sur leur bassin versant. Dans le même sens que la recommandation précédente, l'OBV s'assure déjà de favoriser la gouvernance de l'eau dans le cadre de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant. Cependant, la majorité des OBV se consacrent exclusivement à la gestion de l'eau de surface. L'eau souterraine est souvent mise de côté. Plusieurs raisons expliquent ce désengagement comme le manque de financement, l'absence d'enjeux soulevés par les acteurs de l'eau, le manque de personnel, etc. (ROBVQ,2020). Étant un organisme central dans la gouvernance de l'eau et la mise en relation avec les acteurs de l'eau, il est d'autant plus essentiel de traiter l'eau de surface et l'eau souterraine comme une seule ressource afin d'avoir un portrait d'ensemble du bassin versant et de l'inclure au PDE. Il faudrait aussi considérer que les moyens financiers de ces organismes ne permettent pas l'ajout de mandats et d'assurer un suivi efficace de la ressource en eau souterraine. En définitive, l'organisme de bassin versant est central pour la gestion des connaissances de la ressource eau, mais il doit y avoir une majoration des budgets par le gouvernement.

La sixième recommandation est inspirée du SAD de la MRC d'Argenteuil. Cette dernière a créé un chapitre dédié à l'eau souterraine. Ainsi, une proposition pour l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine serait de créer une section dans les schémas d'aménagement destinée à la ressource eau. Dans ce chapitre, trois sections diviseraient l'eau de surface, l'eau souterraine et un portrait-diagnostic interrelationnel aux sections 1 et 2. Le PDE serait le document de référence pour l'élaboration de cette section. La section utiliserait les informations du rapport PACES réalisé sur le territoire concerné. Voici la présentation des titres que pourrait contenir la section sur l'eau souterraine :

1. Portrait diagnostique de la ressource ;
2. Intégration aux outils d'aménagement du territoire ;
3. Cadre réglementaire ;
4. Le rôle de l'OBV ;
5. Perception envers l'eau souterraine ;
6. Orientations ;
7. Objectifs et actions de la MRC sur l'eau souterraine.

Ainsi, l'ensemble du portrait et du diagnostic sur l'eau souterraine est couvert dans les sous-sections. L'objectif de réaliser une section distincte au reste du SAD, vient du fait que l'ensemble des SAD possèdent une structure propre. Il faudrait que le contenu lié à l'eau souterraine devienne un contenu obligatoire au SAD. Cette proposition de l'insertion de l'information sur les eaux souterraine dans un chapitre faciliterait la recherche d'information. Actuellement, il y a très peu d'information qui figure dans les SAD sur l'eau souterraine. L'instaurer dans l'ensemble d'un schéma consisterait donc en une tâche complexe parce que ce n'est pas l'ensemble de l'information qui peut être traduit en planification territoriale. Toutefois, elle ne demeure pas moins essentielle dans la compréhension des enjeux liés à l'eau souterraine.

Finalement, il est essentiel de réaliser un processus de concertation sur les questions de l'eau de façon intégrée : eaux de surface et eaux souterraines. La concertation est un volet important dans le devoir des municipalités et des MRC, d'où l'importance de la participation des citoyens, des agriculteurs et des entrepreneurs pour favoriser l'acceptabilité sociale et le sentiment d'appartenance. Ces conditions sont souhaitables pour prendre en compte des enjeux auxquels les différents acteurs font face. Il est préférable de travailler ensemble pour arriver à des consensus pour la prévention et la protection des zones de recharge de l'eau souterraine. L'organisme central pour arriver à une telle démarche sur les questions de l'eau sont les organismes de bassin versant. Ceux-ci, habitués de regrouper l'ensemble des acteurs de l'eau, des instances publiques et des citoyens pour discuter des problématiques touchants directement ou indirectement l'eau. De plus, ils possèdent une reconnaissance auprès de leurs pairs grâce à de leur expertise sur le milieu. Il serait envisageable, à court terme, de mettre en place ce processus de concertation au niveau régional afin de concerter sur les enjeux de l'eau souterraine.

En conclusion, le processus de l'appropriation des connaissances sur l'eau souterraine vers une intégration dans les schémas d'aménagement et développement a été un processus de réflexion, de modernisation novatrice des possibilités de l'aménagement pour prendre en compte la protection des zones de recharge. Le tout s'est concrétisé en posant quelques pierres supplémentaires pour les organismes, et les projets (RQES, PACES, autres études) auprès des aménagistes pour la mise en œuvre de la protection des zones de recharge de l'eau souterraine.

Tout au long du processus, l'importance de la problématique, soit répondre aux besoins des MRC en termes de compréhension des enjeux sur l'eau souterraine, a été mise en évidence. Pour y arriver, plusieurs constats ont émergé de la collaboration avec les acteurs. D'abord, un grand volet de la méthode visait l'interprétation et la priorisation des zones de recharge à protéger. Un indicateur a été élaboré afin de prioriser les territoires de manière objective. La carte présentant cet indicateur a permis d'exprimer des enjeux qui ont été associés à un objectif et une action. Néanmoins, il y a plusieurs limites au projet qui ont entraîné une approche différente. Seules les limites les plus importantes sont résumées. La première limite était le temps limité pour compléter le projet, la seconde correspondait à la complexité des notions d'hydrogéologie, ce qui affecte le transfert des connaissances et la dernière limite est l'absence d'OGAT

sur la gestion intégrée de l'eau. De ces limites, découlent des recommandations pour l'avancement des travaux futurs sur des questions similaires. Trois recommandations retiennent notre attention sans toutefois ignorer les autres recommandations. D'abord la recommandation no. 2, élaborer une orientation gouvernementale d'aménagement du territoire sur la gestion intégrée de l'eau, offrirait une prise en compte d'un aménagement favorable à la santé, aux écosystèmes et assurerait aux communautés d'être résilientes au changement climatique. La recommandation no. 3 est d'accompagner les aménagistes dans l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine. Cet accompagnement pourrait être mené par les organismes de bassin versant qui possèdent une vision d'ensemble du bassin versant de la MRC et peuvent s'assurer de la cohérence des mesures que la MRC souhaite réaliser avec les priorités régionales. La dernière recommandation d'intérêt (no. 4) est de fournir une personne-ressource en hydrogéologie afin d'apporter un soutien supplémentaire spécifique aux municipalités, à la MRC ou à l'OBV. Ainsi, cela permettrait à un expert en hydrogéologie de répondre aux questions et d'aider dans la demande d'études hydrogéologiques spécifiques futures.

Puisque plusieurs défis sont encore à relever aux niveaux académique et professionnel, le processus nécessite une pluridisciplinarité jusqu'à une transdisciplinarité de domaines et une concertation entre les différents acteurs du milieu. À terme, la considération des enjeux sur l'eau souterraine devrait atteindre les 5 principes de la gestion durable de la ressource soit : (1) protéger les sources d'eau souterraine contre l'épuisement ; (2) maintenir la qualité de l'eau souterraine en la protégeant contre la contamination ; (3) préserver la viabilité des écosystèmes ; (4) parvenir à un bien-être socio-économique en préservant les usages de l'eau souterraine ; et (5) appliquer les principes de bonne gouvernance.

Bibliographie

- Colléau, É., (2019). Revue de la présence d'arsenic dans l'eau souterraine en Estrie – Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) dans la région de l'Estrie (Québec). Mémoire de fin d'études, Master 2 Sciences de l'eau, Université de Rennes 1, juin 2019.
- Flindt Jørgensen, L., Villholth, K. G., & Refsgaard, J. C. (2016). Groundwater management and protection in Denmark: a review of pre-conditions, advances and challenges. *International Journal of Water Resources Development*, 33(6), 868-889. <https://doi.org/10.1080/07900627.2016.1225569>
- Gage, A., & Milman, A. (2021). Groundwater Plans in the United States: Regulatory Frameworks and Management Goals. *Groundwater*, 59(2), 175-189. <https://doi.org/10.1111/gwat.13050>
- Le comité d'experts sur les eaux souterraines au Canada. (2009). La gestion durable des eaux souterraines au Canada (No. 292). *Conseil des académies canadiennes*. <https://www.rapports-cac.ca/wp-content/uploads/2018/10/2009-05-11-gw-rapport.pdf>
- Lachassagne, P. (2020). What Is Groundwater? How to Manage and Protect Groundwater Resources. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 76 (Suppl. 1), 17-24. <https://doi.org/10.1159/000515024>
- Lavoie, R., Joerin, F., & Rodriguez, M. J. (2013). Incorporating groundwater issues into regional planning in the Province of Quebec. *Journal of Environmental Planning and Management*, 57(4), 516-537. <https://doi.org/10.1080/09640568.2012.751019>
- Lefebvre, R., Ballard, J.M., Raynauld, M., Huchet, F., Colléau, É., Laurencelle, M., 2019. Rapport d'étape de la phase I – Projet de connaissances sur les eaux souterraine de l'Estrie. INRS-ETE, Rapport de recherche R1851, rapport soumis au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) en septembre 2019, 43 p. et annexes.
- Huchet, F., Lefebvre, R., Ballard, J.-M., Raynauld, M., Vigneault, H., Colléau, E., Mathis, R., Caron, O., 2020. Rapport d'étape de la phase II – Projet de connaissances sur les eaux souterraine de l'Estrie (PACES Estrie). INRS-ETE, rapport de recherche R1934, soumis au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) en juin 2020, 58 p. et annexes.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parc (MDDEP), (2011). Guide d'élaboration d'un plan directeur de bassin versant de lac et adoption de bonnes pratiques. 130p. et annexes. https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/cyanobacteries/guide_elaboration.pdf. Consultée le 17-10-2021
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parc (MDDEP), (2011). Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec - Guide des conditions générales - Troisième appel de propositions. 8p. et annexes. ISBN : 978-2-550-53934-6 (pdf).
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2021). Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraine. Environnement. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/programmes/acquisition-connaissance.htm>. Consultée le 05-08-2021

- Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH). (2018). Guide La prise de décision en urbanisme. mamh. <https://www.mamh.gouv.qc.ca/amenagement-du-territoire/guide-la-prise-de-decision-en-urbanisme/avant-propos/>. Consultée le 20 juillet 2021
- Mechlem, K. (2016). Groundwater Governance: The Role of Legal Frameworks at the Local and National Level—Established Practice and Emerging Trends. *Water*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/w8080347>
- Regroupement des organismes de bassins versants du Québec.(ROBVQ) (2020, 10 juin). Rapport du commissaire au développement durable les obv du Québec appellent à une action structurante pour améliorer la gestion des ressources en eau. <https://archives.robvq.qc.ca/communiqués/details/95>
- RQES. (2021). Réseau québécois sur les eaux souterraines. <https://rqes.ca/>. Consultée le 15 juin 2021
- Walter, J., Rouleau, A., Lambert, M., Chesnaux, R., Ferroud, A., & Perron-Desmeules, L.-P. (2021). A regional initiative for the efficient transfer of groundwater knowledge between experts and stakeholders. In *advances in geoethics and groundwater management: Theory and practice for a sustainable development* (pp. 327-330). https://doi.org/10.1007/978-3-030-59320-9_67
- White, E. K., Peterson, T. J., Costelloe, J., Western, A. W., & Carrara, E. (2016). Can we manage groundwater? A method to determine the quantitative testability of groundwater management plans. *Water Resources Research*, 52(6), 4863-4882. <https://doi.org/10.1002/2015wr018474>
- White, M.P., Alcock, I., Grellier, J. *et al.* (2019). Spending at least 120 minutes a week in nature is associated with good health and wellbeing. *Sci Rep* 9, 7730. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44097-3>
- Zhao, Y., Zhang, J., Chen, Z., & Zhang, W. (2018). Groundwater contamination risk assessment based on intrinsic vulnerability, pollution source assessment, and groundwater function zoning. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(7), 1907-1923. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1476965>

Annexes

Annexe 1 - Les outils pour l'aménagement

Figure A1. 1. Tableau des normes applicables à l'usage résidentiel de faible à moyenne densité. (Extrait : Gouvernement du Québec, 2016)

INTERVENTION PROJETÉE	ZONES DE CONTRAINTES DÉLIMITÉES SUR LES CARTES GOUVERNEMENTALES						
	NA1 NI	NA2	NS1	NS2	NH	RA1-NA2	RA1 SOMMET RA1 BASE
Bâtiment principal ➤ Agrandissement inférieur à 50 % de la superficie au sol et rapprochant le bâtiment du talus	Interdit : ➤ dans le talus ➤ dans une marge de précaution au sommet du talus dont la largeur est égale à une fois et demi (1 1/2) la hauteur du talus jusqu'à concurrence de 20 mètres ➤ dans la bande de protection à la base du talus	Interdit : ➤ dans le talus ➤ dans une marge de précaution au sommet du talus dont la largeur est de 5 mètres ➤ dans la bande de protection à la base du talus	Interdit : ➤ dans le talus ➤ dans une marge de précaution au sommet du talus dont la largeur est de une demie fois (1/2) la hauteur du talus, au minimum 5 mètres jusqu'à concurrence de 10 mètres ➤ dans la bande de protection à la base du talus	Interdit dans l'ensemble de la zone de contraintes	Interdit : ➤ dans une marge de précaution au sommet du talus dont la largeur est de une demie fois (1/2) la hauteur du talus, au minimum 5 mètres jusqu'à concurrence de 10 mètres ➤ dans la bande de protection à la base du talus	Interdit : ➤ dans une marge de précaution au sommet du talus dont la largeur est de 5 mètres ➤ dans la bande de protection à la base du talus	Aucune norme
Bâtiment principal ➤ Agrandissement inférieur à 50 % de la superficie au sol et ne rapprochant pas le bâtiment du talus	Interdit : ➤ dans le talus ➤ dans la bande de protection à la base du talus	Interdit : ➤ dans le talus ➤ dans la bande de protection à la base du talus	Interdit : ➤ dans le talus ➤ dans la bande de protection à la base du talus	Interdit : ➤ dans le talus ➤ dans la bande de protection à la base du talus	Interdit : ➤ dans le talus ➤ dans la bande de protection à la base du talus	Interdit : ➤ dans la bande de protection à la base du talus	Aucune norme

Annexe 2 - Gabarit du questionnaire des entrevues auprès des acteurs clés

Figure A2.1. Gabarit du questionnaire des entrevues auprès des acteurs clés.

Bonjour,

Je vous remercie de m'accorder du temps pour cette entrevue.

Volet Explication de l'entrevue

L'entrevue s'inscrit dans un projet de l'Université Laval et de l'INRS portant sur l'acquisition de connaissances sur l'eau souterraine en Estrie (PACES-Estrie). Ce projet vise à l'appropriation des connaissances concernant les eaux souterraines par une MRC de l'Estrie, par la sensibilisation et la collaboration, afin de favoriser la considération de l'eau souterraine dans son schéma d'aménagement et développement. À terme, le projet permettra de réaliser un protocole pour l'intégration des eaux souterraines au sein des schémas d'aménagement et de développement (SAD). Les entrevues ont lieu avec différentes MRC, municipalités et OBV qui ont intégré les connaissances sur les eaux souterraines dans leur SAD, plan d'urbanisme ou plan directeur de l'eau (PDE). L'objectif des entrevues est de brosser un portrait de la situation actuelle par rapport à l'intégration des connaissances sur l'eau souterraine dans la planification territoriale.

Objectif de l'entrevue

1. Définir les besoins et les contraintes par rapport à l'intégration des connaissances sur les eaux souterraines dans les schémas d'aménagement et développement;
2. Identifier les défis de cette intégration;
3. Déterminer les ressources (données, formations, personnel, infrastructures, fonds, etc.) nécessaires pour identifier et traiter les problématiques reliées aux eaux souterraines.

L'entrevue devrait durer entre 60 et 90 minutes. Sachez qu'il n'y a pas de bonne ou mauvaise réponse.

Tel que mentionné dans le formulaire de consentement, l'entrevue sera enregistrée pour permettre une plus grande fluidité et éviter des oublis de ma part lors de la retranscription. Consentez-vous à l'enregistrement de l'entretien?

L'entrevue est confidentielle. Aucune information personnelle ou permettant d'identifier votre organisation ne sera dévoilée. L'enregistrement sera détruit à la fin septembre 2022.

N'hésitez pas à me poser des questions au cours de l'entrevue si vous avez besoin de précisions.

Est-ce que cela vous convient ?

Êtes-vous prêt à débiter?

1

- A. Présentation du participant et connaissances sur les eaux souterraines
 - A.1. Quel est votre poste au sein de votre organisme?
 - A.2. Depuis combien de temps occupez-vous ce poste?
 - A.3. Quelle est votre formation?
 - A.4. Êtes-vous familier avec les concepts reliés aux eaux souterraines?
 - A.5. Comment avez-vous acquis ces notions (cours formels, lectures, réalisation de projets, formation du RQES)?
- B. Processus de mise en œuvre de l'intégration des connaissances sur les eaux souterraines
 - B.1. Quel(s) évènement(s) déclencheur(s) a(ont) déclenché le processus d'intégration de l'eau souterraine dans le schéma d'aménagement et de développement (ou PDE ou plan d'urbanisme)?
 - B.2. Comment avez-vous procédé dans la sélection de l'information sur les eaux souterraines qui devait être incorporée au schéma d'aménagement et de développement (ou PDE ou plan d'urbanisme)?
 - B.3. Comment avez-vous traité l'information sur les eaux souterraines qui devait être incorporée au schéma d'aménagement et de développement (ou PDE ou plan d'urbanisme)?
 - B.4. Comment avez-vous fait le lien entre les enjeux d'aménagement et les informations sur les eaux souterraines afin de les incorporer au schéma d'aménagement et de développement (ou PDE ou plan d'urbanisme)?
 - B.5. Quelles ont été les barrières durant le processus d'intégration des connaissances sur les eaux souterraines dans le schéma d'aménagement et de développement (ou PDE ou plan d'urbanisme)?
 - B.5.1. Avez-vous rencontré des contraintes politiques, juridiques, administratives, économiques, techniques?
 - B.6. Avez-vous recouru à de l'aide externe pour l'incorporation des connaissances sur les eaux souterraines? Si oui, à qui?
 - B.7. Avez-vous organisé une consultation publique afin de connaître l'avis des citoyens ou d'acteurs de l'eau?
- C. Éléments pertinents à retrouver dans le schéma d'aménagement et de développement (ou PDE ou plan d'urbanisme)?
 - C.1. Est-ce qu'il y a d'autres informations qui ne figurent présentement pas dans le schéma d'aménagement et de développement ou dans le plan d'action que vous aimeriez ajouter dans la prochaine révision par rapport aux eaux souterraines?
 - C.2. Quels sont les éléments produits par les projets du PACES jugez-vous les plus pertinents à intégrer dans le schéma d'aménagement et de développement (ou PDE ou plan d'urbanisme)?
 - C.2.1. Selon vous, qu'est-ce qui peut être développé ou utile et qui aiderait à incorporer les éléments sur les eaux souterraines pertinentes dans les schémas d'aménagement et de développement (ou PDE ou plan d'urbanisme)?

C.2.2. Croyez-vous que des cartes thématiques supplémentaires pourraient faciliter la planification territoriale ou les outils d'aide à la décision? Si oui, lesquelles?

C.3. Quel(s) outil(s) de planification avez-vous utilisé dans le schéma d'aménagement et de développement par rapport à l'intégration des eaux souterraines (ou PDE ou plan d'urbanisme)?

C.3.1. Quelle(s) a été la réponse des municipalités à ce nouvel enjeu et aux nouvelles règles?

C.3.2. Qu'est-ce que cela a impliqué après l'intégration dans le schéma? Qu'est-ce qui a changé concrètement?

C.4. Nous sommes arrivés à la fin du questionnaire. Y'a-t-il des éléments dont nous n'avons pas parlé et que vous aimeriez ajouter?

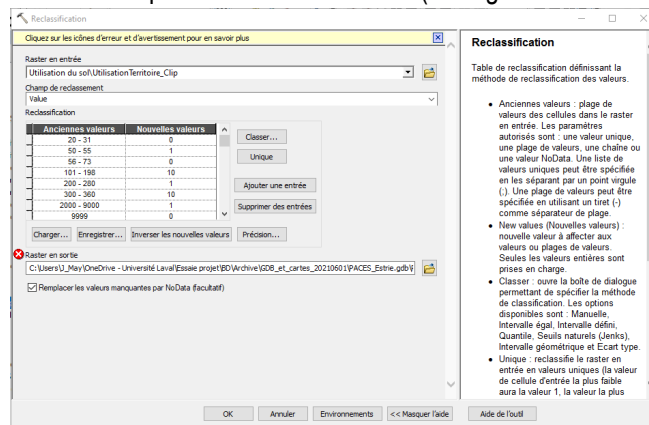
Je vous remercie grandement d'avoir participé à cette entrevue.

Tel que mentionné au départ, les données resteront confidentielles et il sera impossible de vous identifier directement. Êtes-vous intéressé à recevoir un rapport d'analyse des entrevues? Si ça vous convient, j'utiliserai l'adresse courriel que vous m'avez indiquée dans le formulaire de consentement.

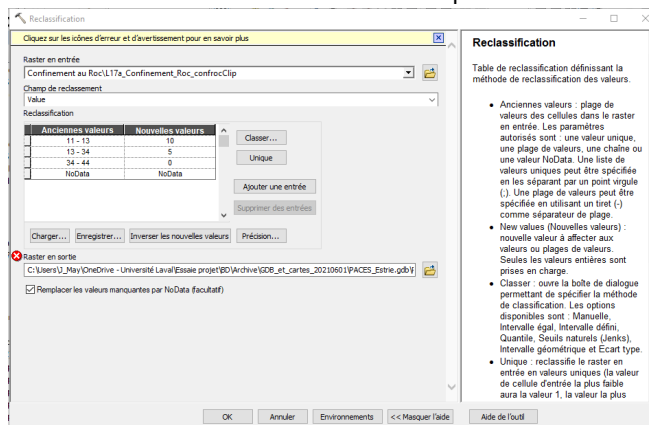
Annexe 3 - Démarche cartographique

Voici la démarche pour la cartographie des pressions. La carte des pressions a été obtenue selon le type d'utilisation du sol par rapport au confinement de l'aquifère rocheux. Voici les étapes de réalisation :

1. Ouvrir le logiciel Arc Map
2. Ajouter les couches du confinement de l'aquifère rocheux et de l'occupation du sol dans le projet.
3. Ouvrir ArcToolbox -> sélectionner l'outil *Reclassification* -> une boîte de dialogue s'ouvre
4. Sélectionner le Raster en entrée *Occupation du sol* -> le champ de reclassement doit être à *Value*
5. Reclassifier les anciennes valeurs par les nouvelles valeurs (voir figure ci-dessous)

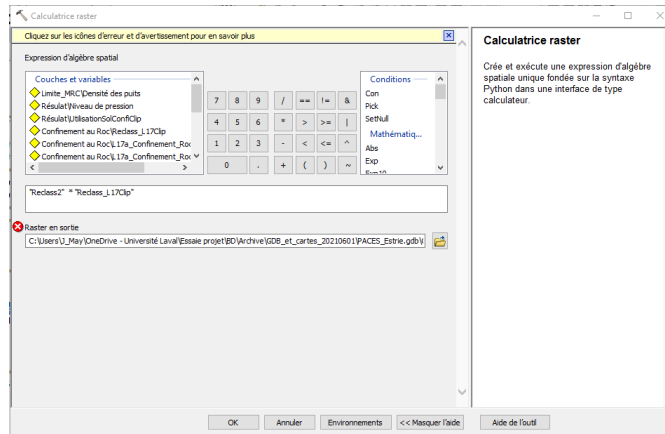


6. Choisir l'emplacement de sauvegarde
7. Cliquer sur OK
8. Répéter les étapes 3 à 7 avec la couche de confinement de l'aquifère rocheux avec les valeurs ci-dessous



La prochaine section permet de créer une nouvelle couche raster en multipliant les valeurs reclassées des deux couches afin d'obtenir le produit en fichier Raster.

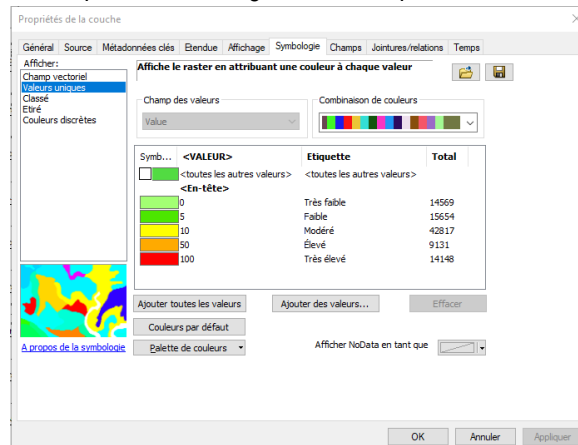
1. Ouvrir ArcToolbox -> sélectionner l'outil *calculatrice raster*.
2. Sélectionner la couche reclasser de l'occupation du sol multipliée par la couche reclasser du confinement de l'aquifère rocheux (voir figure ci-dessous).



3. Choisir l'emplacement de sauvegarde et nommer la *Niveau de pression*
4. Cliquer sur OK

La dernière grande étape consiste à faire la symbologie de la nouvelle couche créée qui exprime la pression de l'occupation du sol par rapport au confinement.

1. Clic droit sur la couche *Niveau de pression* -> sélectionner *Propriétés...*
2. Aller dans l'onglet *Symbologie*
3. Faire afficher par *Valeurs uniques* -> voir la figure suivante pour la nomenclature et les valeurs à retenir.



4. Cliquer sur OK

Voilà vous avez une carte sur la pression de l'occupation du sol par rapport au confinement de l'aquifère rocheux.

Annexe 4 - Volet cartographie

Figure A4.1. Légende des éléments cartographiques pour l'ensemble des cartographies réalisées



Figure A4.1. Cartographie de la piézométrie de la MRC de Val-Saint-François

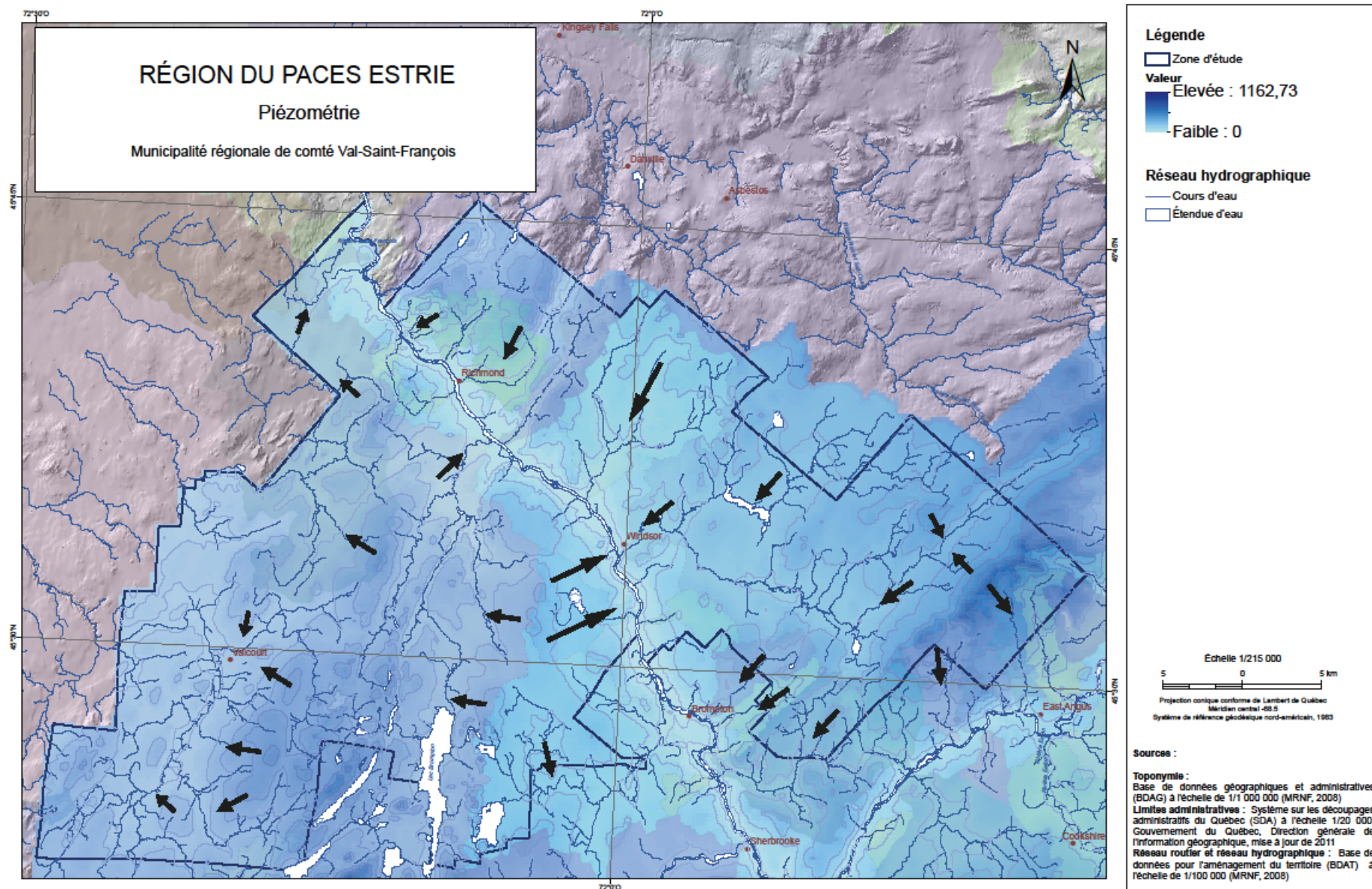


Figure A4.2. Cartographie de la piézométrie de la MRC de Coaticook.

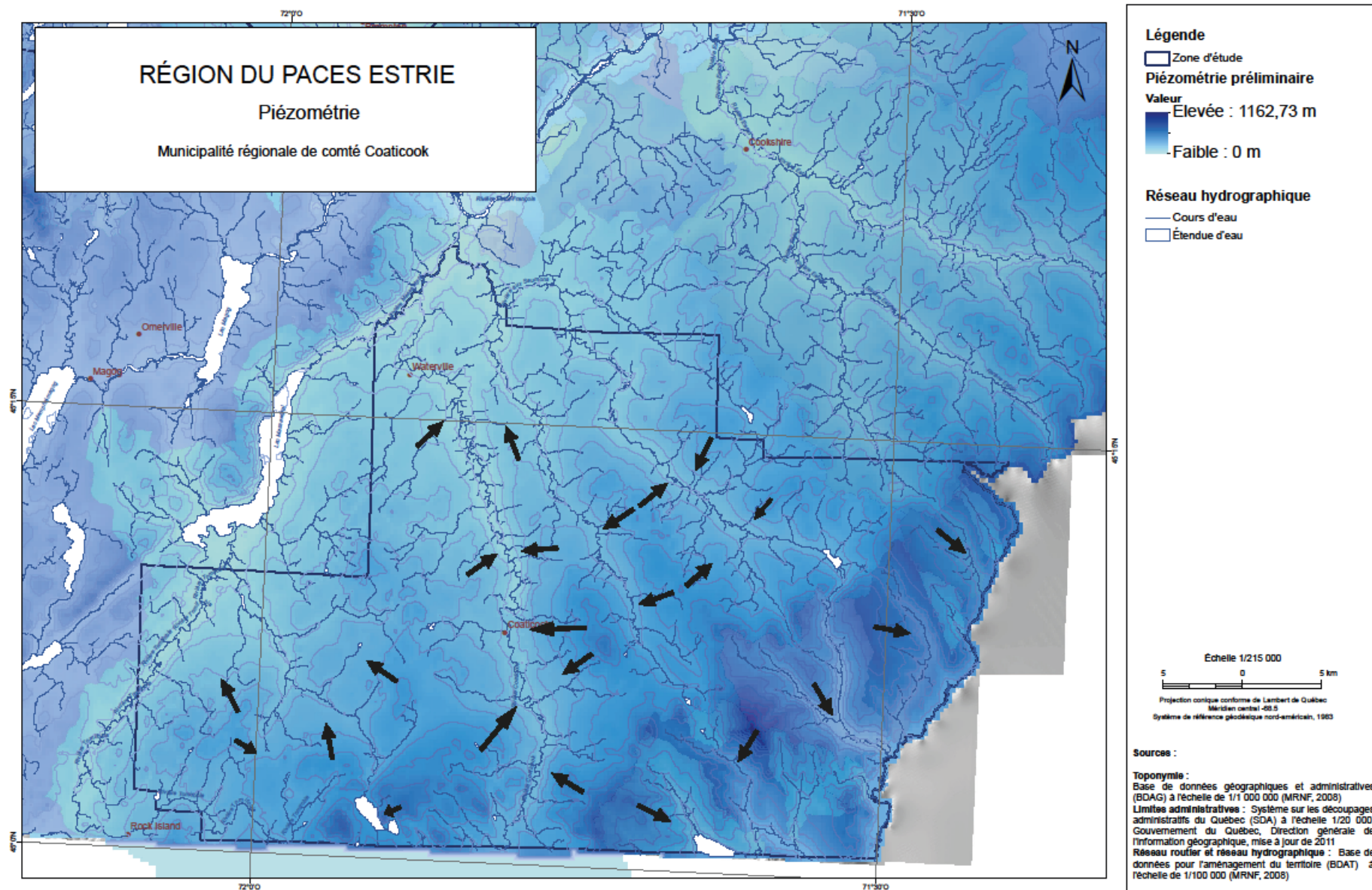


Figure A4.3. Cartographie de la densité des puits de la MRC de Val-Saint-François.

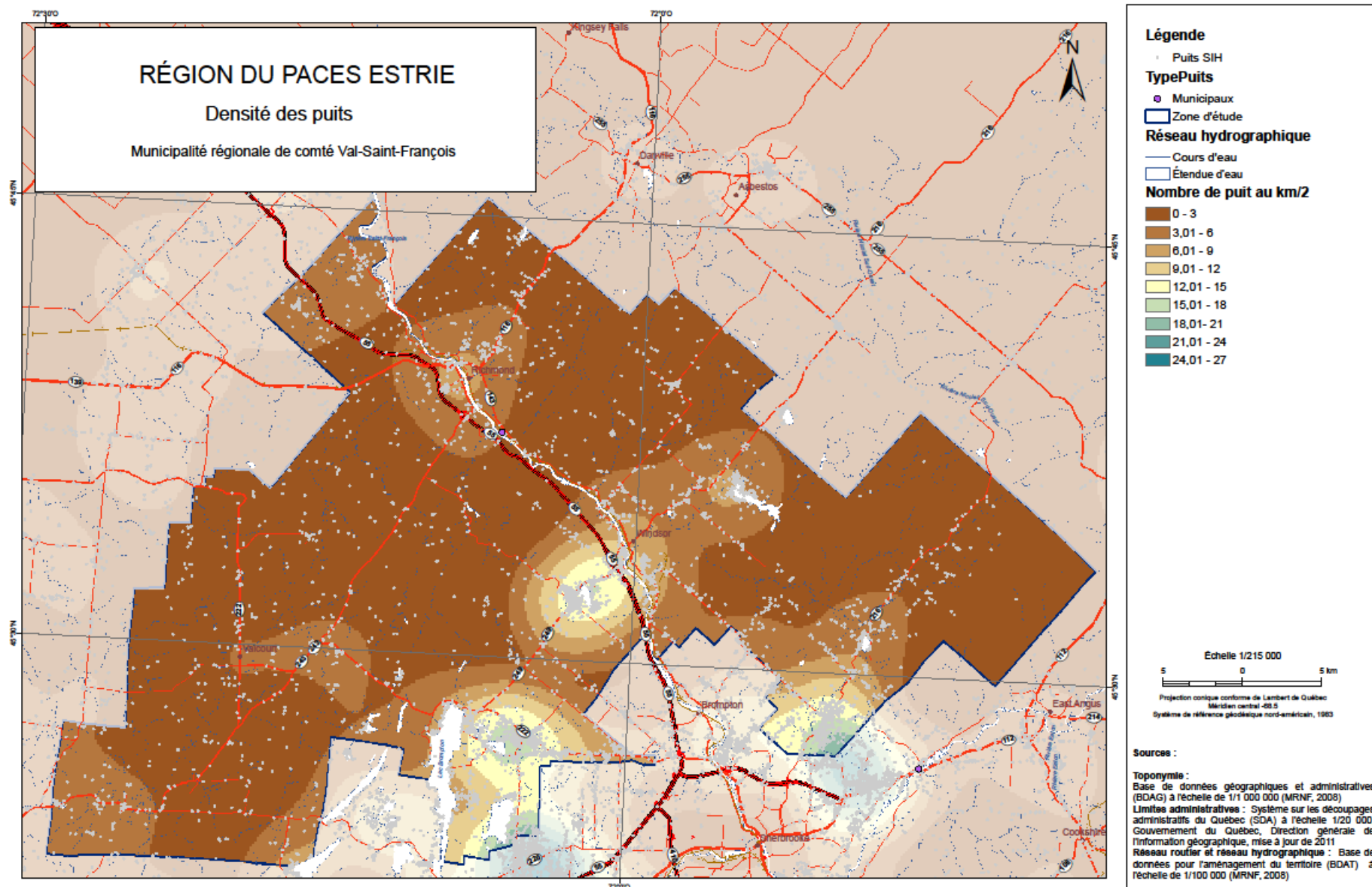


Figure A4.4. Cartographie de la densité des puits de la MRC de Coaticook

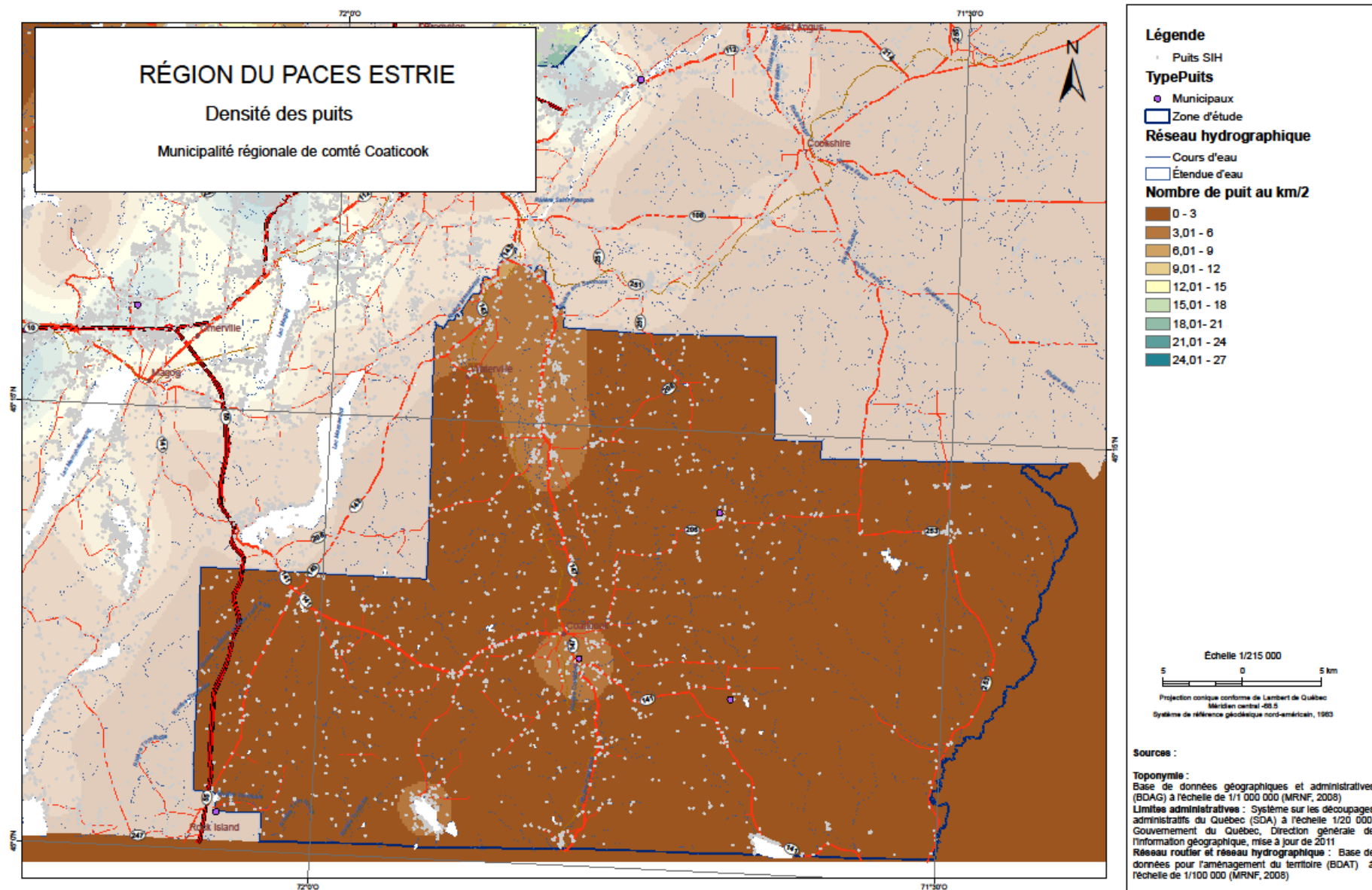


Figure A4.5. Cartographie de l'affectation du territoire de la MRC de Coaticook.

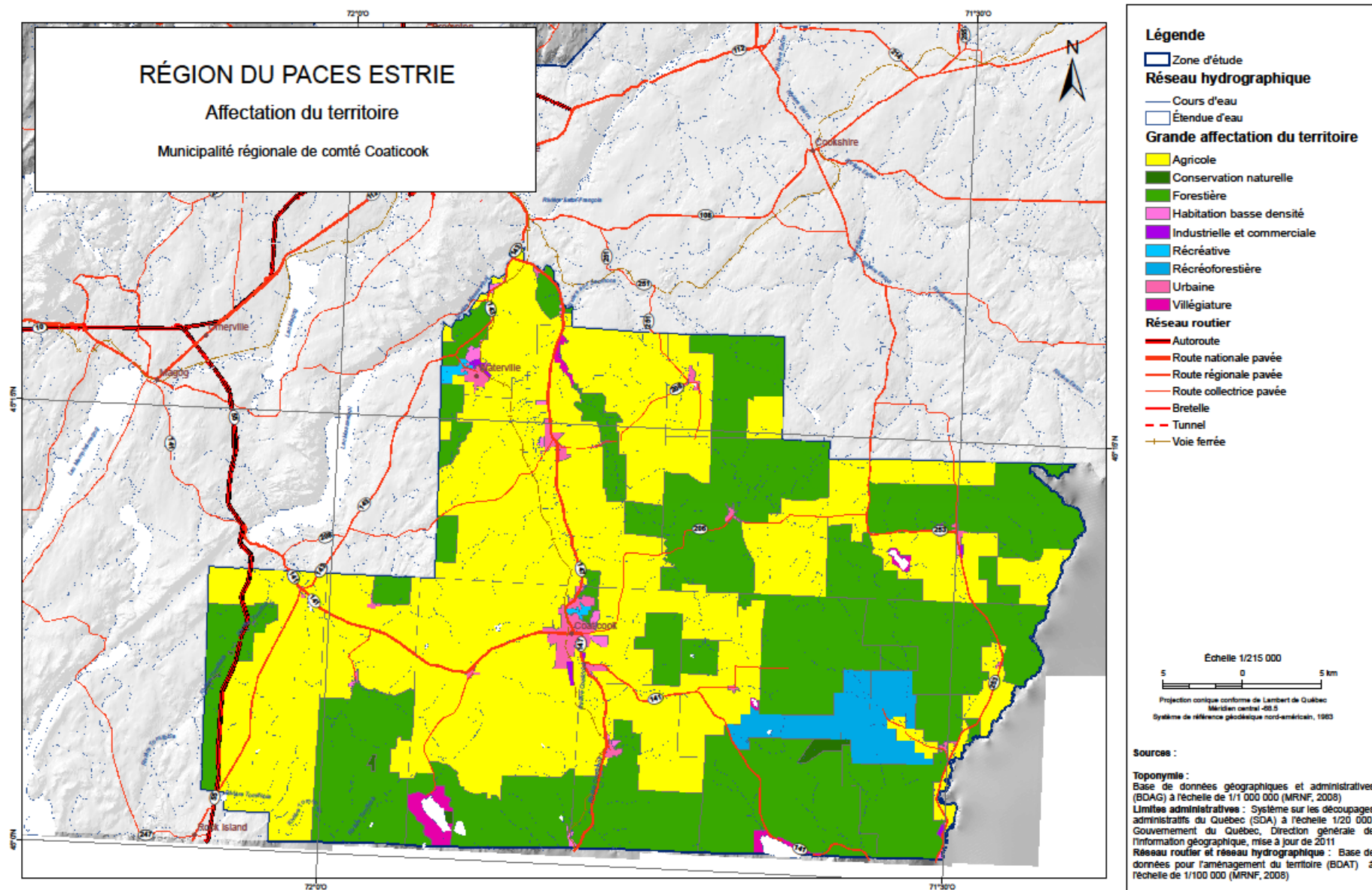


Figure A4.6. Cartographie de l'affectation du territoire de la MRC de Val-Saint-François.

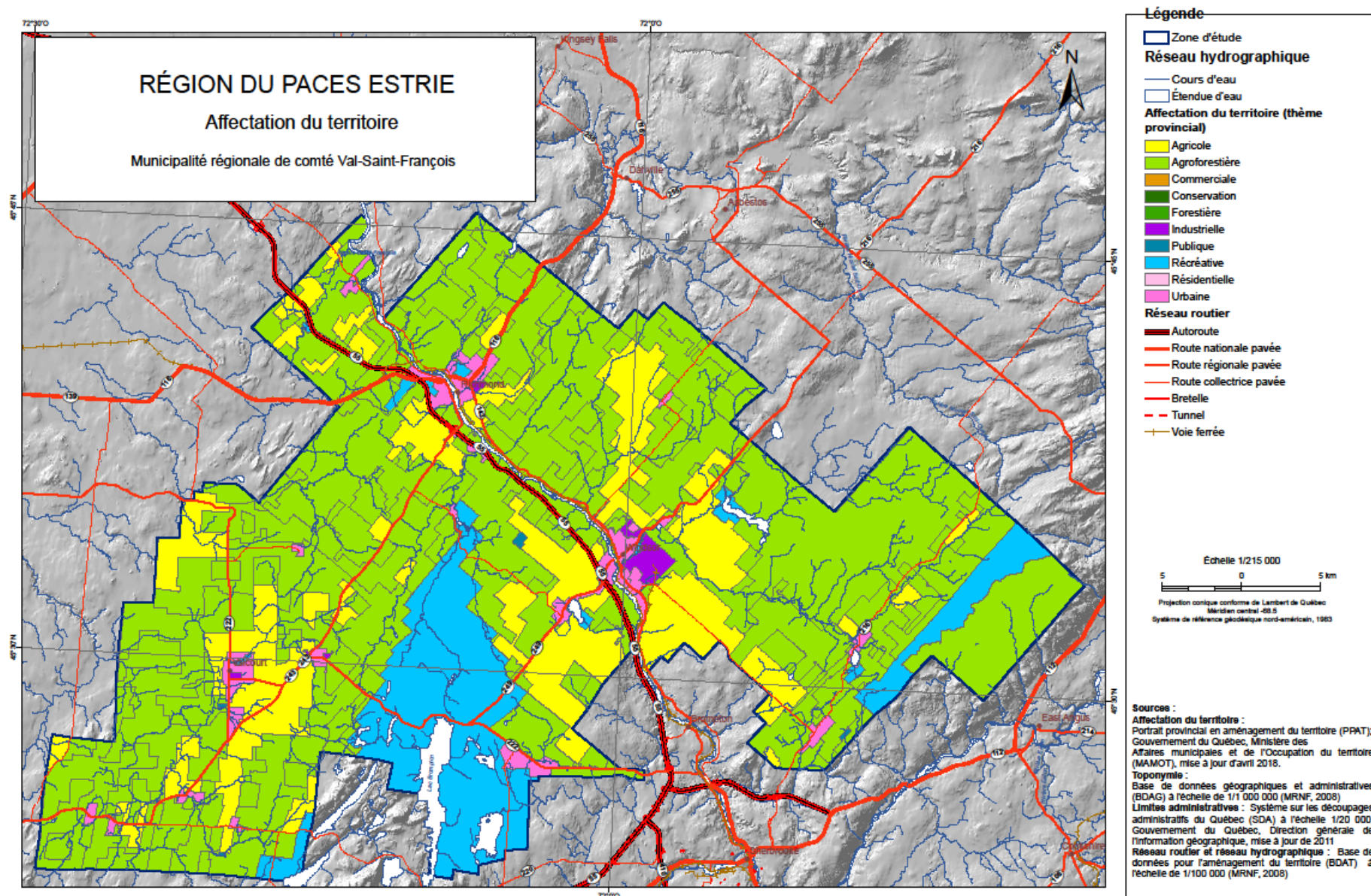


Figure A4.7. Cartographie du Confinement de l'aquifère au rocheux de la MRC de Coaticook.

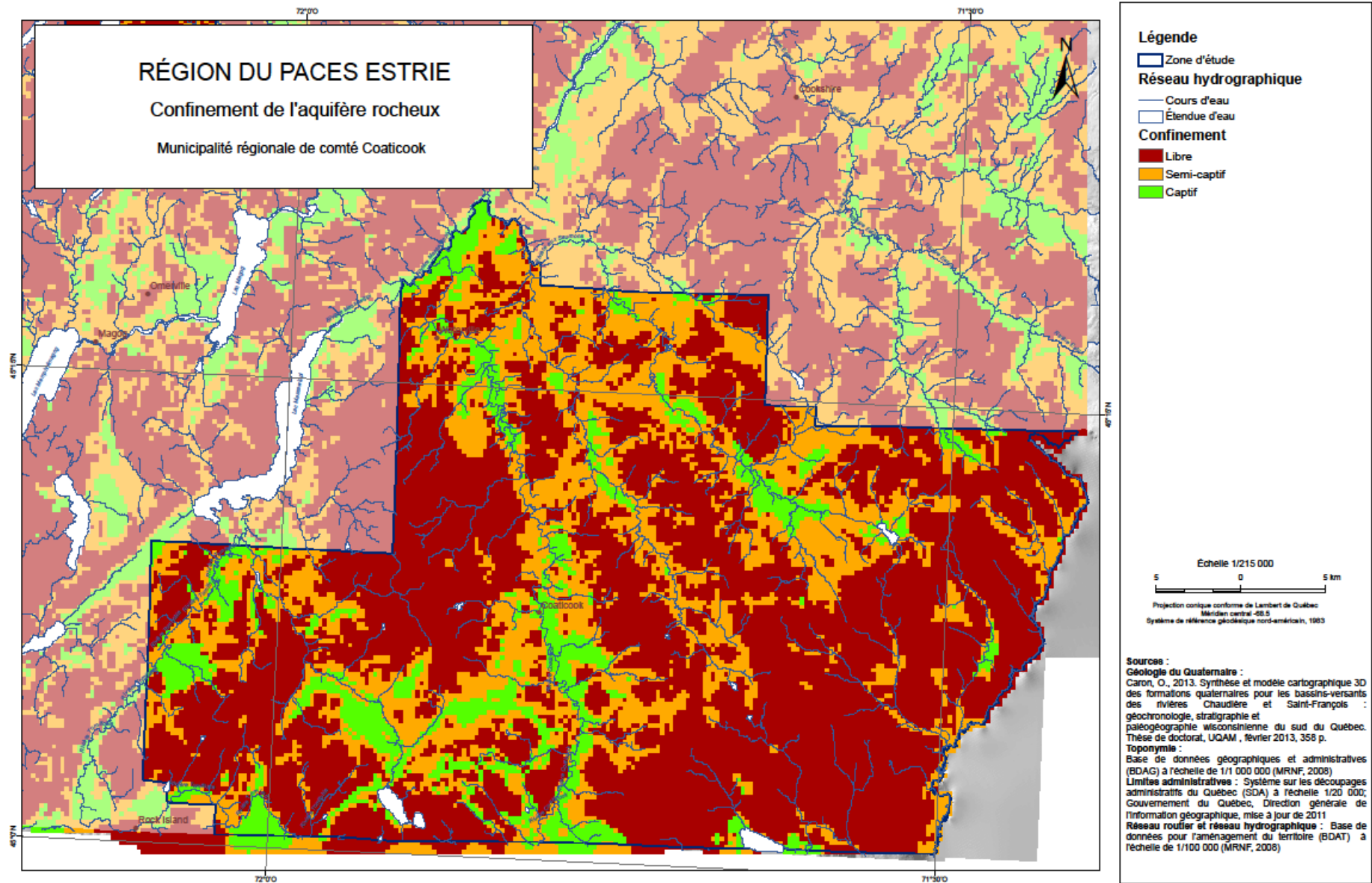


Figure A4.8. Cartographie du Confinement de l'aquifère au rocheux de la MRC de Val-Saint-François.

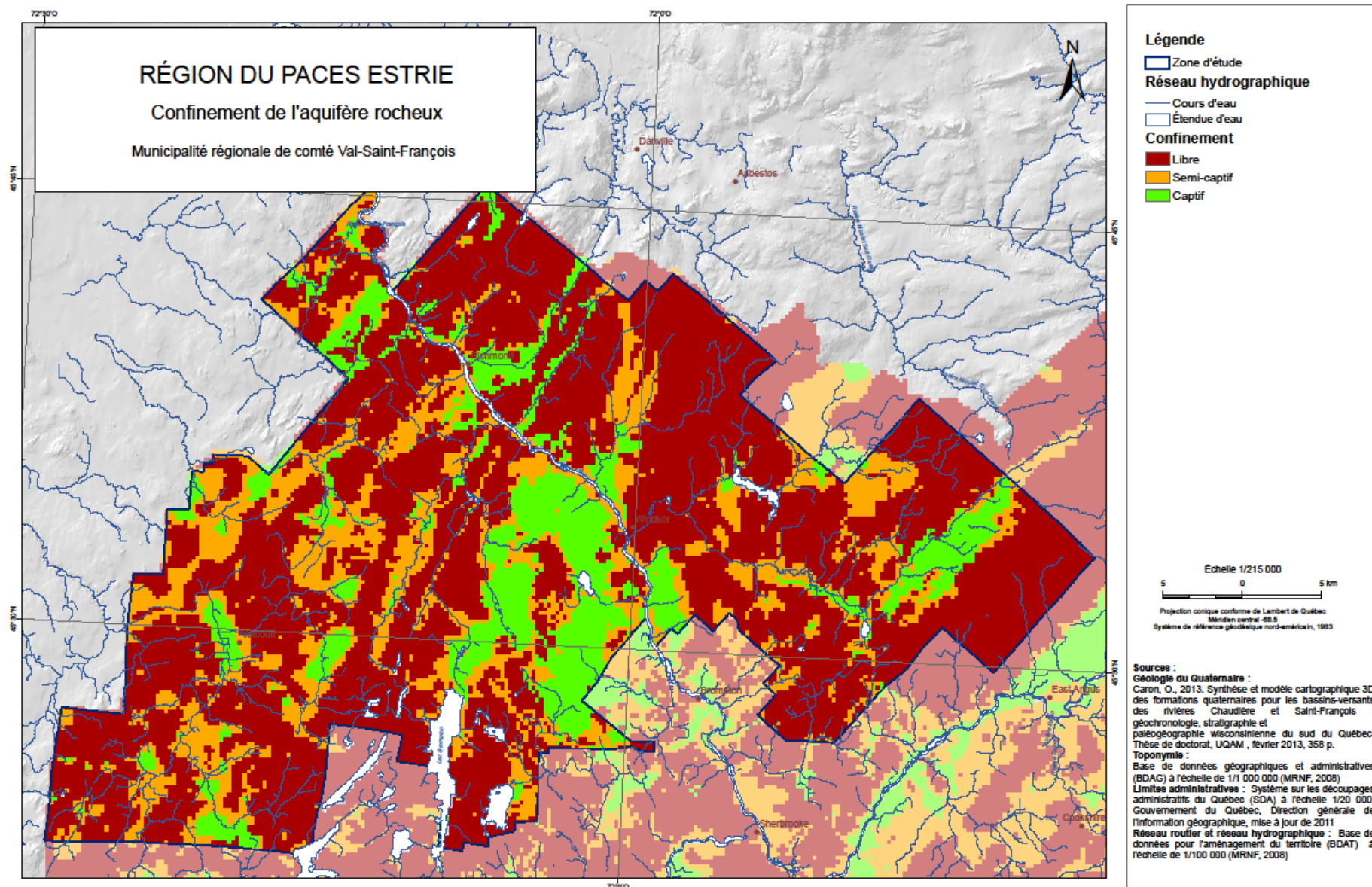


Figure A4.9. Cartographie de l'indice de pression de l'occupation du sol par rapport au confinement de l'aquifère rocheux de la MRC de Coaticook.

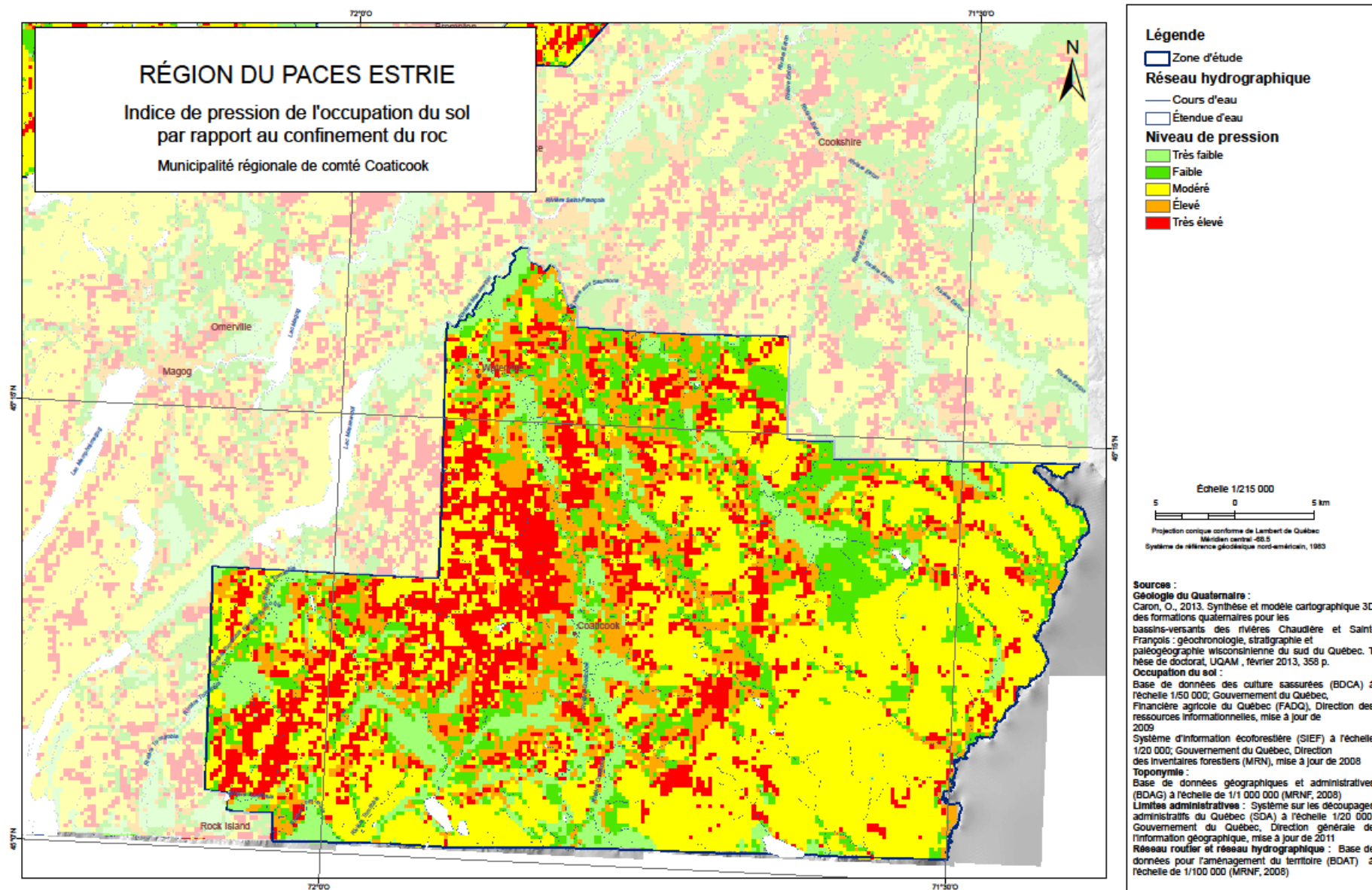


Figure A4.10. Cartographie de l'indice de pression de l'occupation du sol par rapport au confinement de l'aquifère rocheux de la MRC de Val-Saint-François.

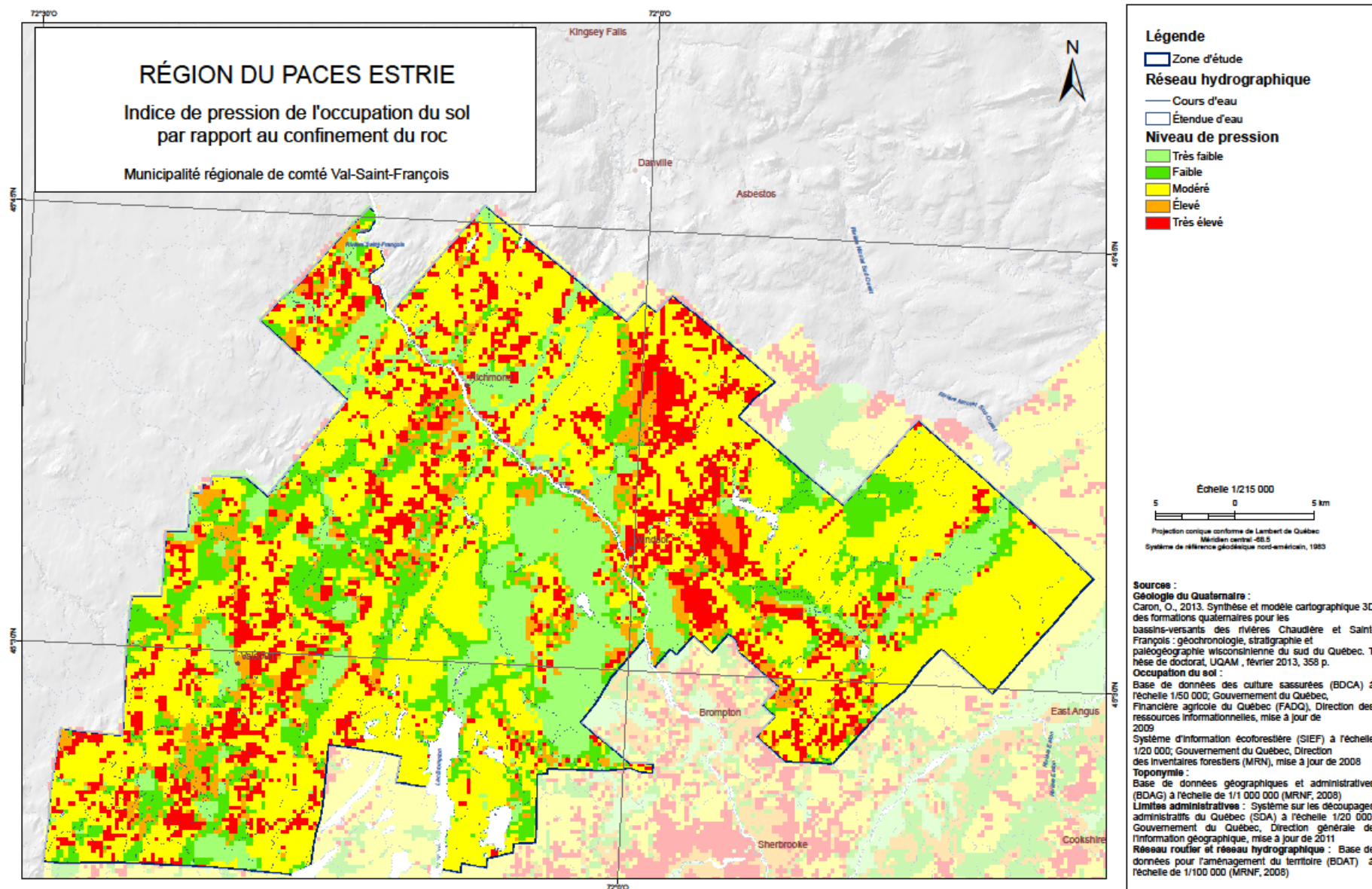


Figure A4.11. Cartographie de l'occupation du sol de la MRC de Coaticook.

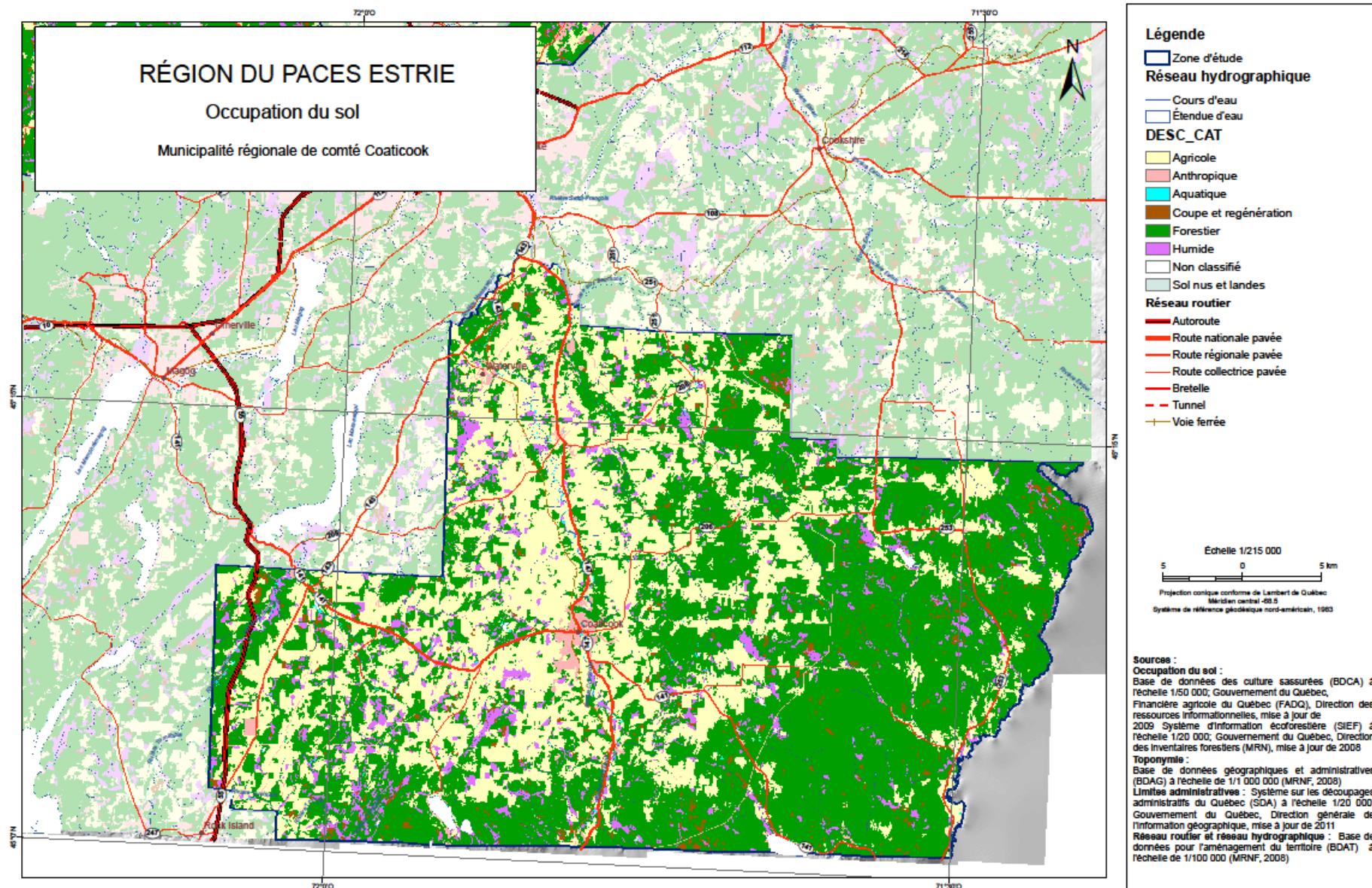


Figure A4.12. Cartographie de l'occupation du sol de la MRC de Val-Saint-François.

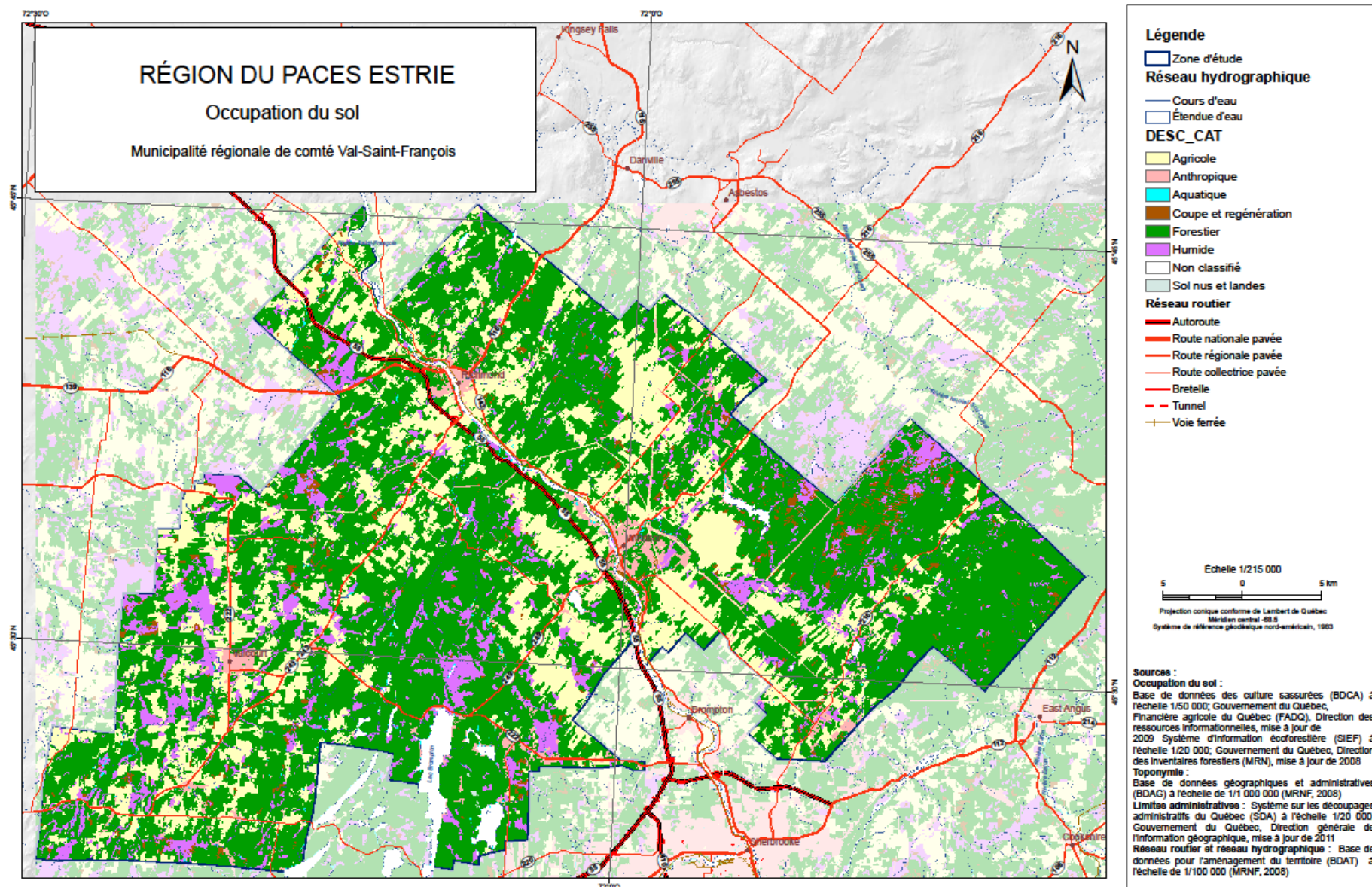


Figure A4.13. Cartographie de la concentration en mg par L de l'arsenic sur le territoire de la MRC de Coaticook.

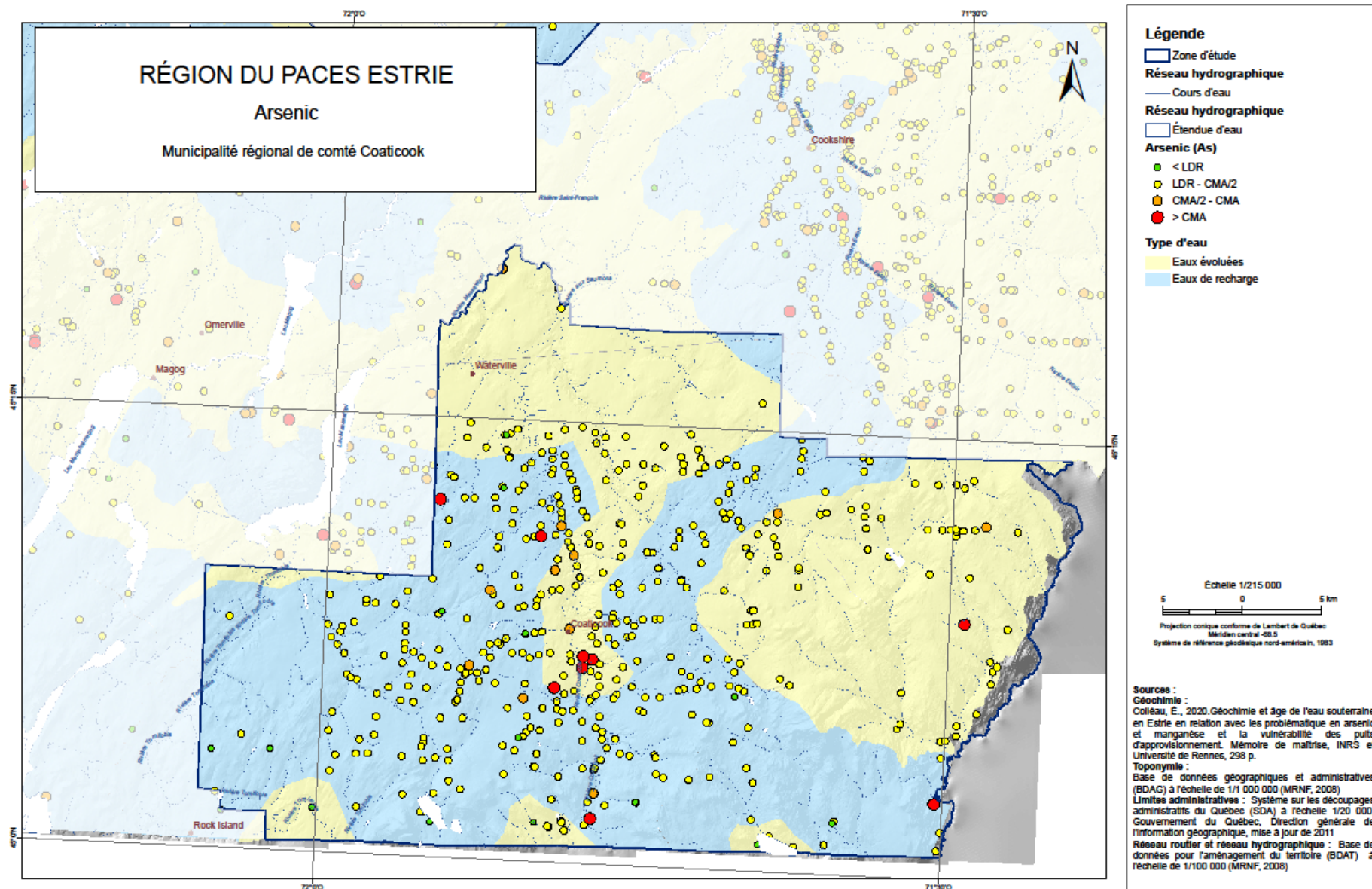


Figure A4.14. Cartographie de la concentration en mg par L de l'arsenic sur le territoire de la MRC de Val-Saint-François.

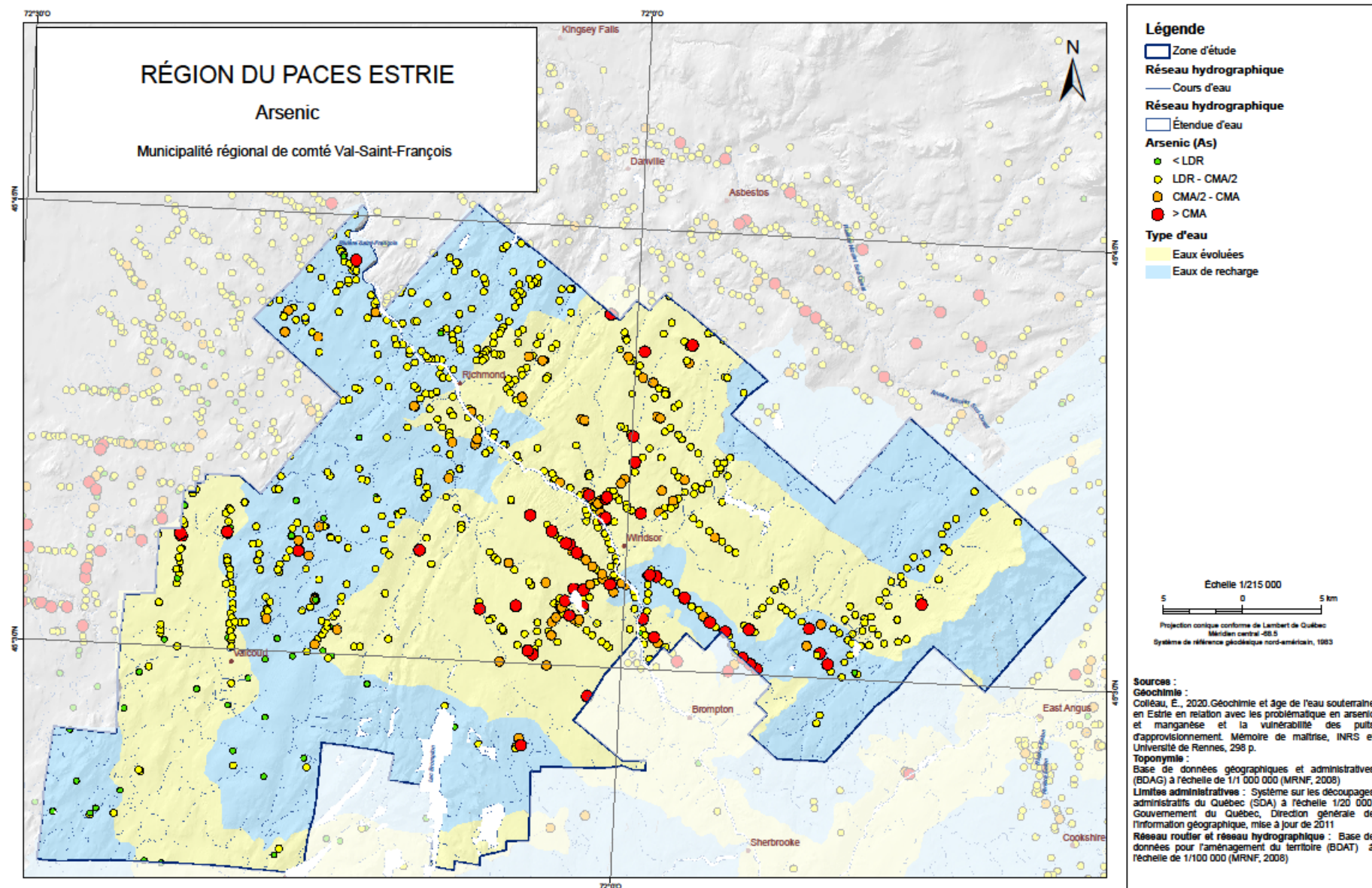


Figure A4.15. Cartographie de la concentration en mg par L de manganèse sur le territoire de la MRC de Coaticook.

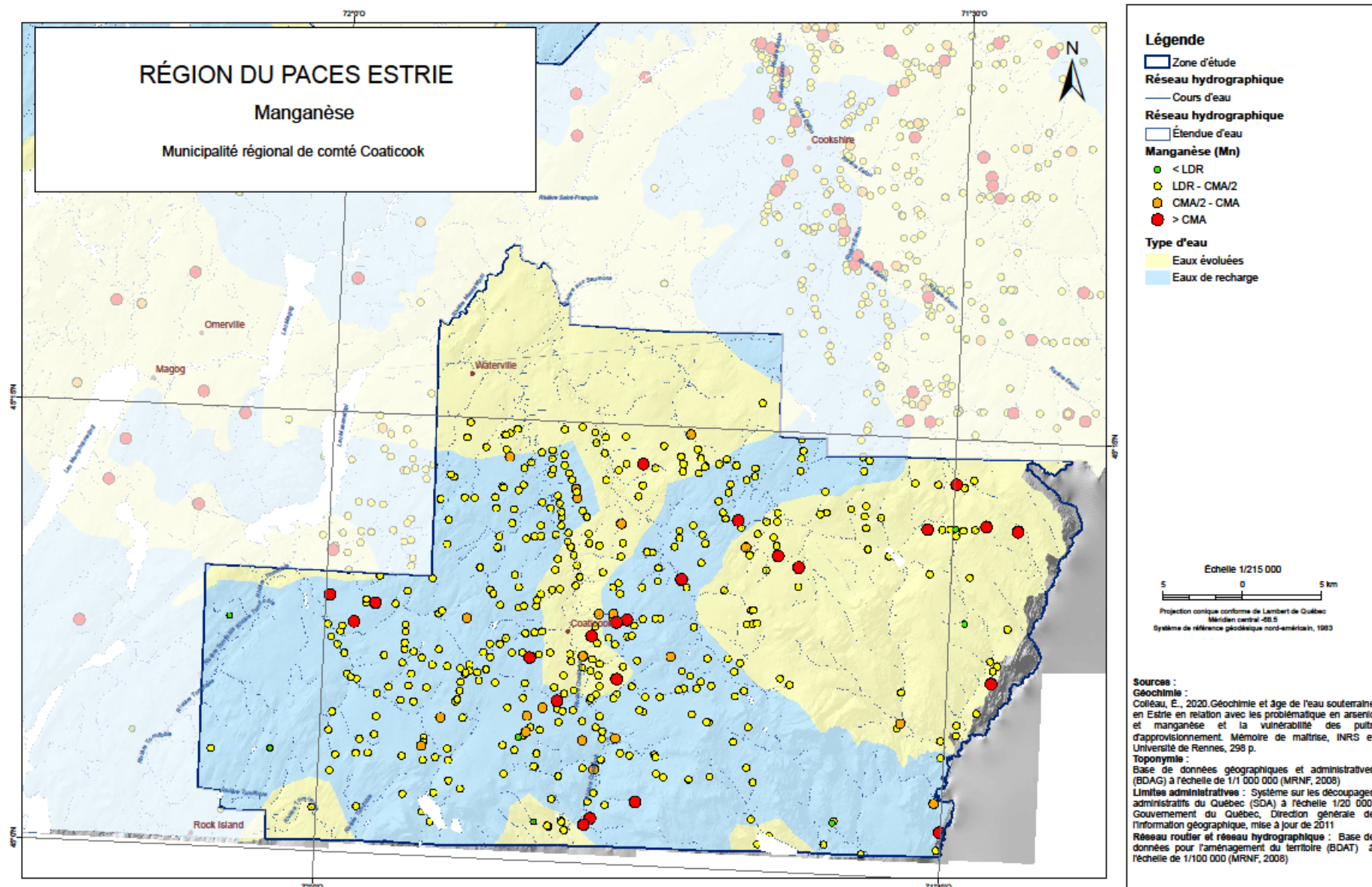


Figure A4.16. Cartographie de la concentration en mg par L de manganèse sur le territoire de la MRC de Val-Saint-François.

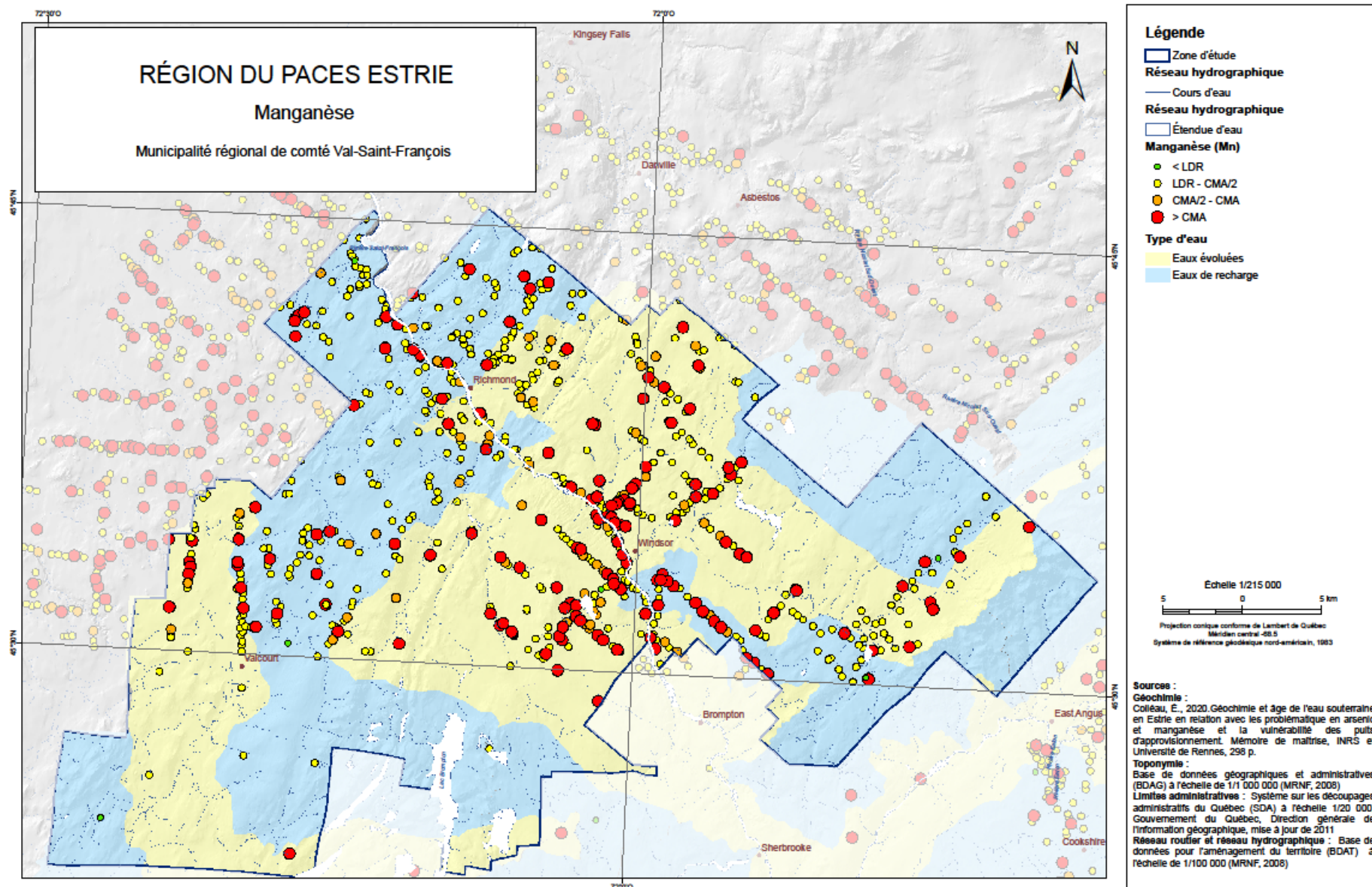


Figure A4.17. Cartographie de la localisation et de la concentration de puits privés, municipaux ou échantillonnage sur le territoire de la Coaticook.

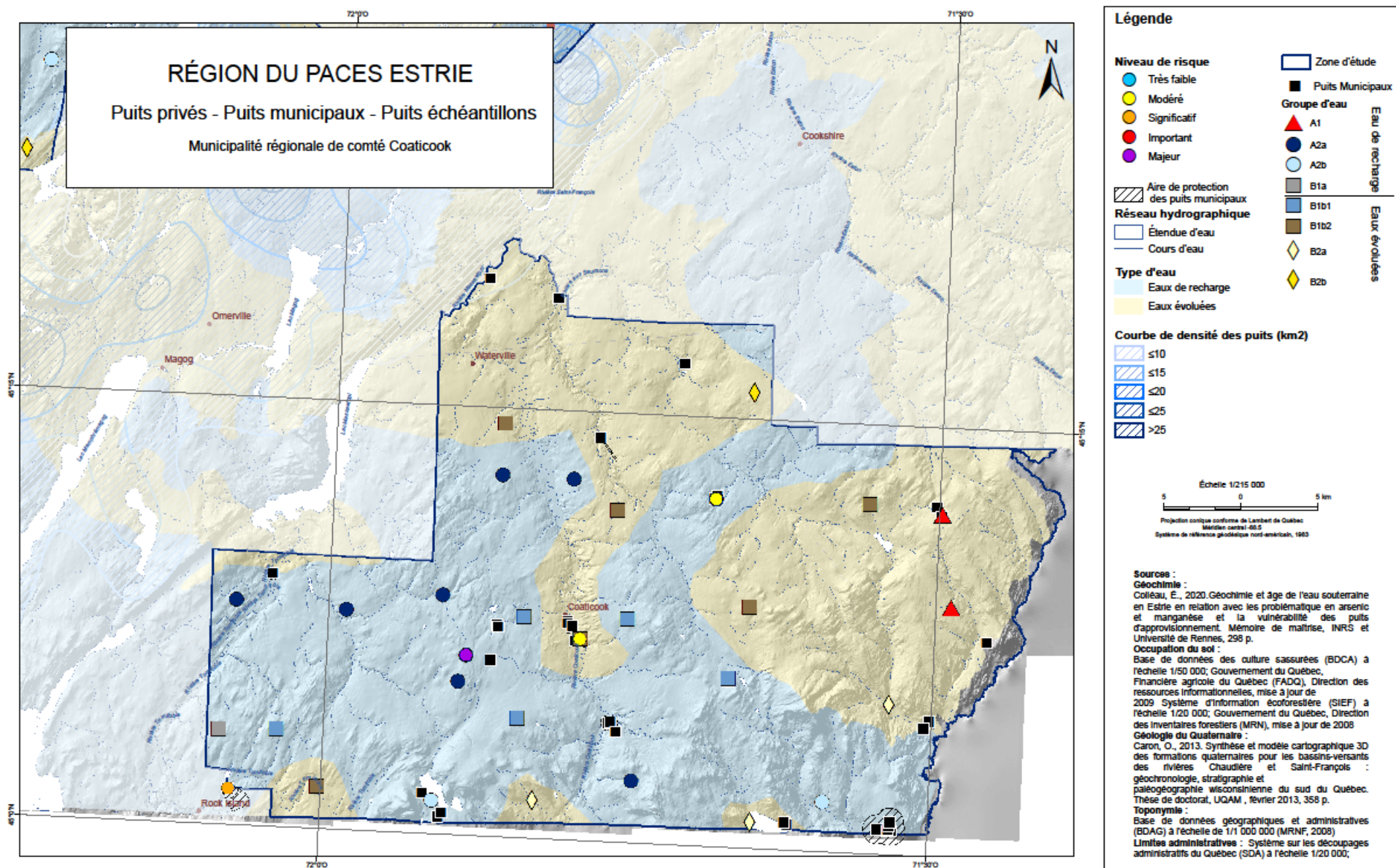


Figure A4.18. Cartographie de la localisation et de la concentration de puits privés, municipaux ou échantillonnage sur le territoire de la Val-Saint-François.

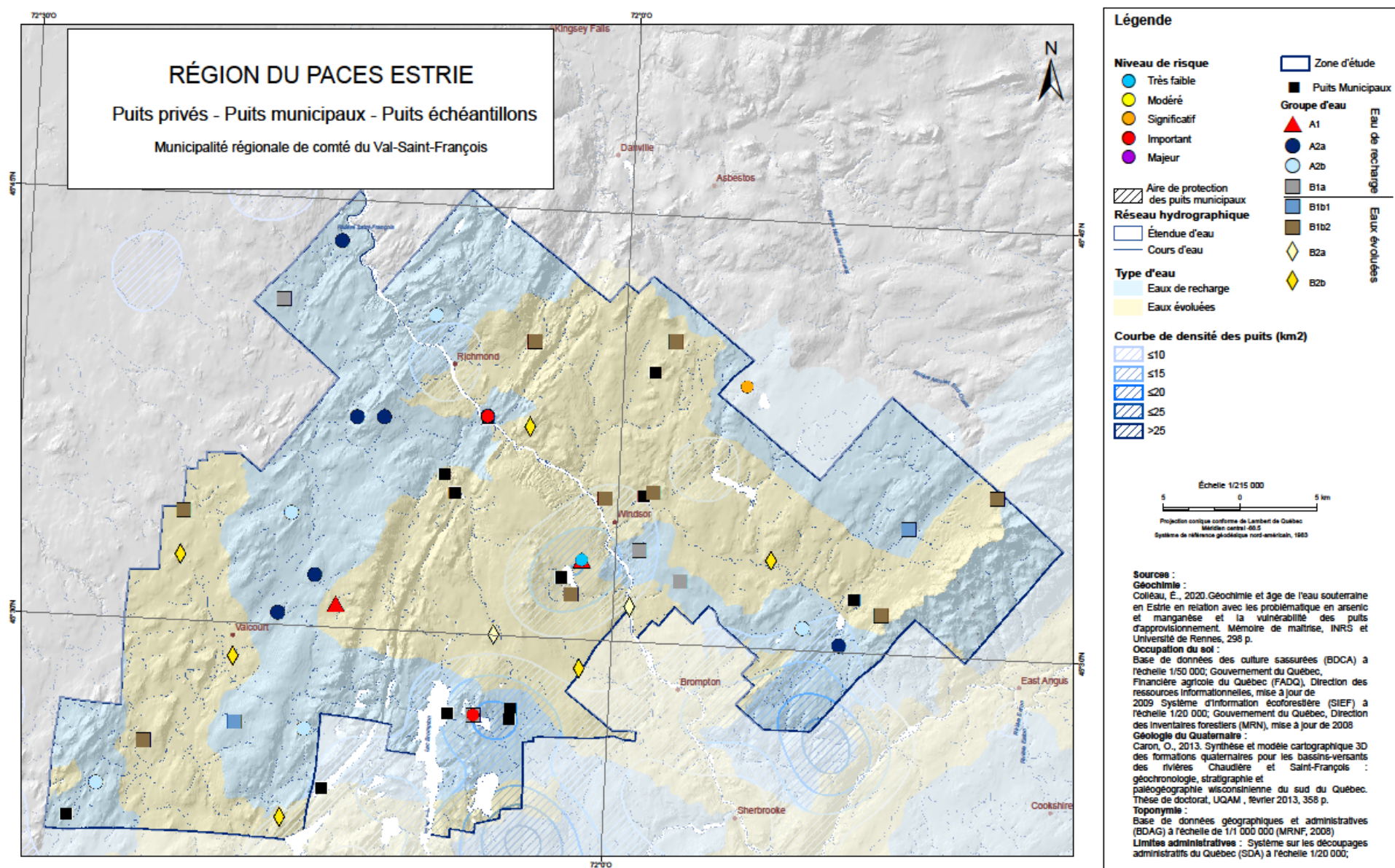


Figure A4.19. Cartographie d'enjeux du territoire de la MRC de Coaticook.

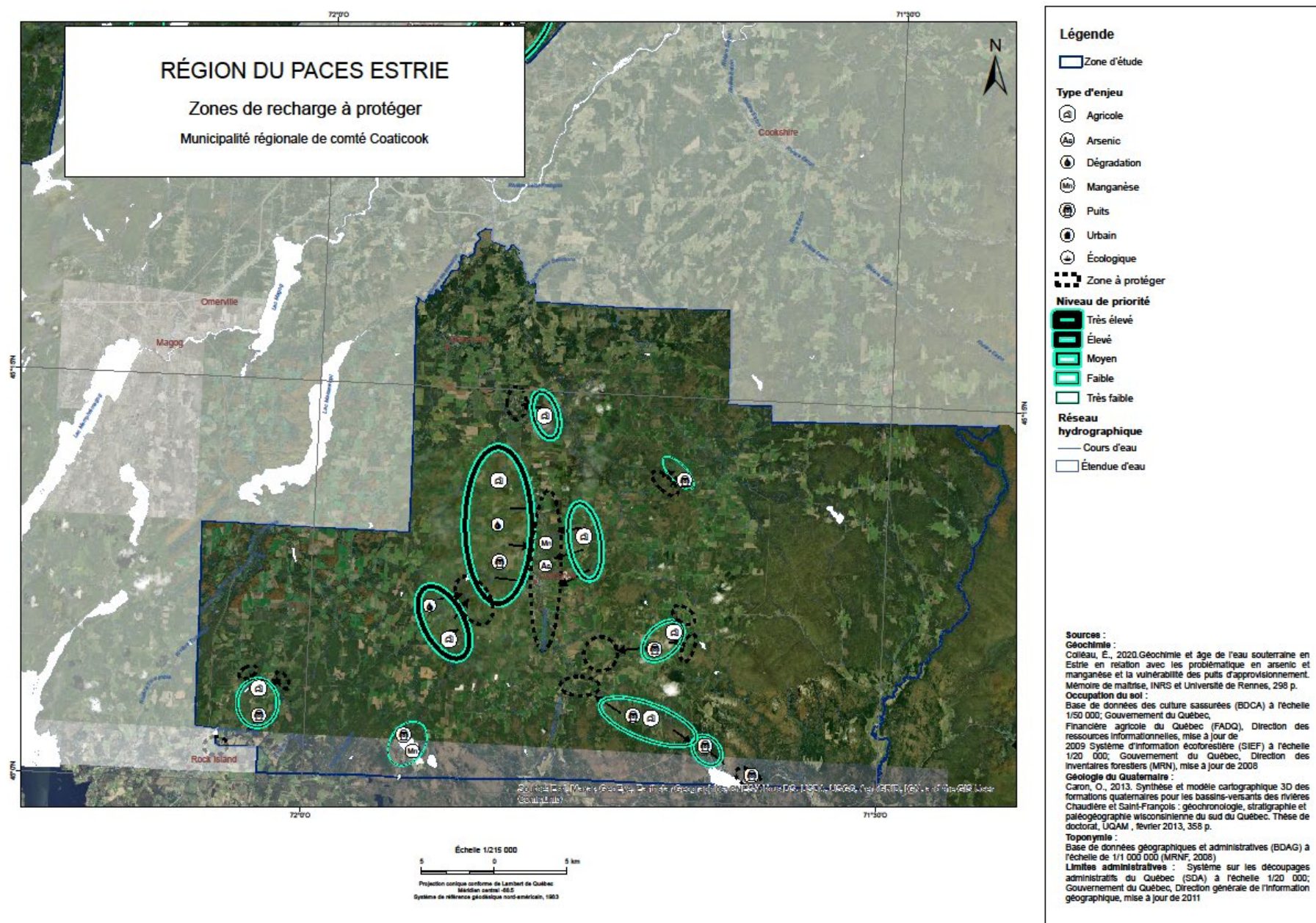


Figure A4.20. Cartographie d'enjeux du territoire de la MRC de Val-Saint-François.

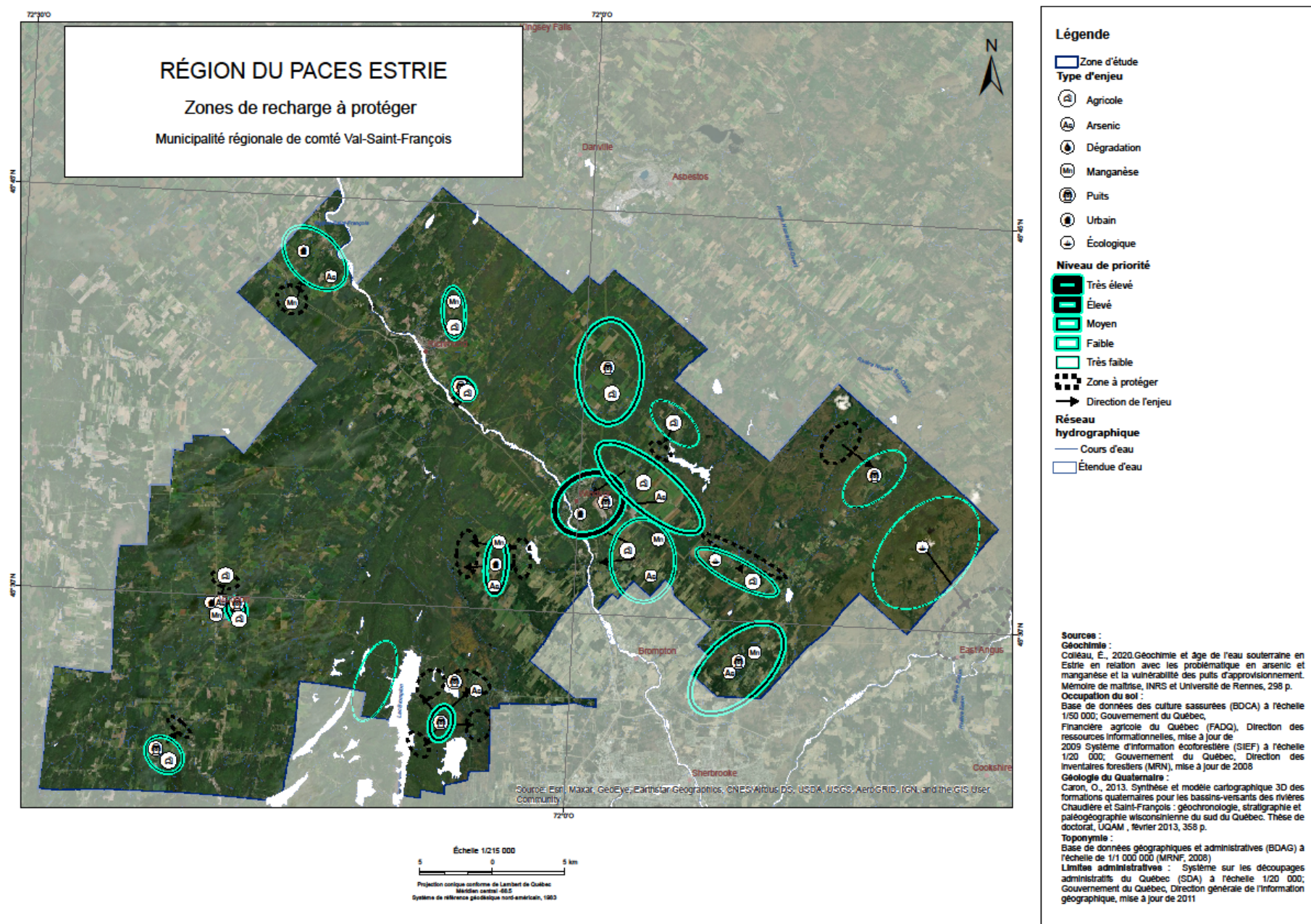


Figure A4.21. Carte synthèse du territoire de la MRC de Coaticook.

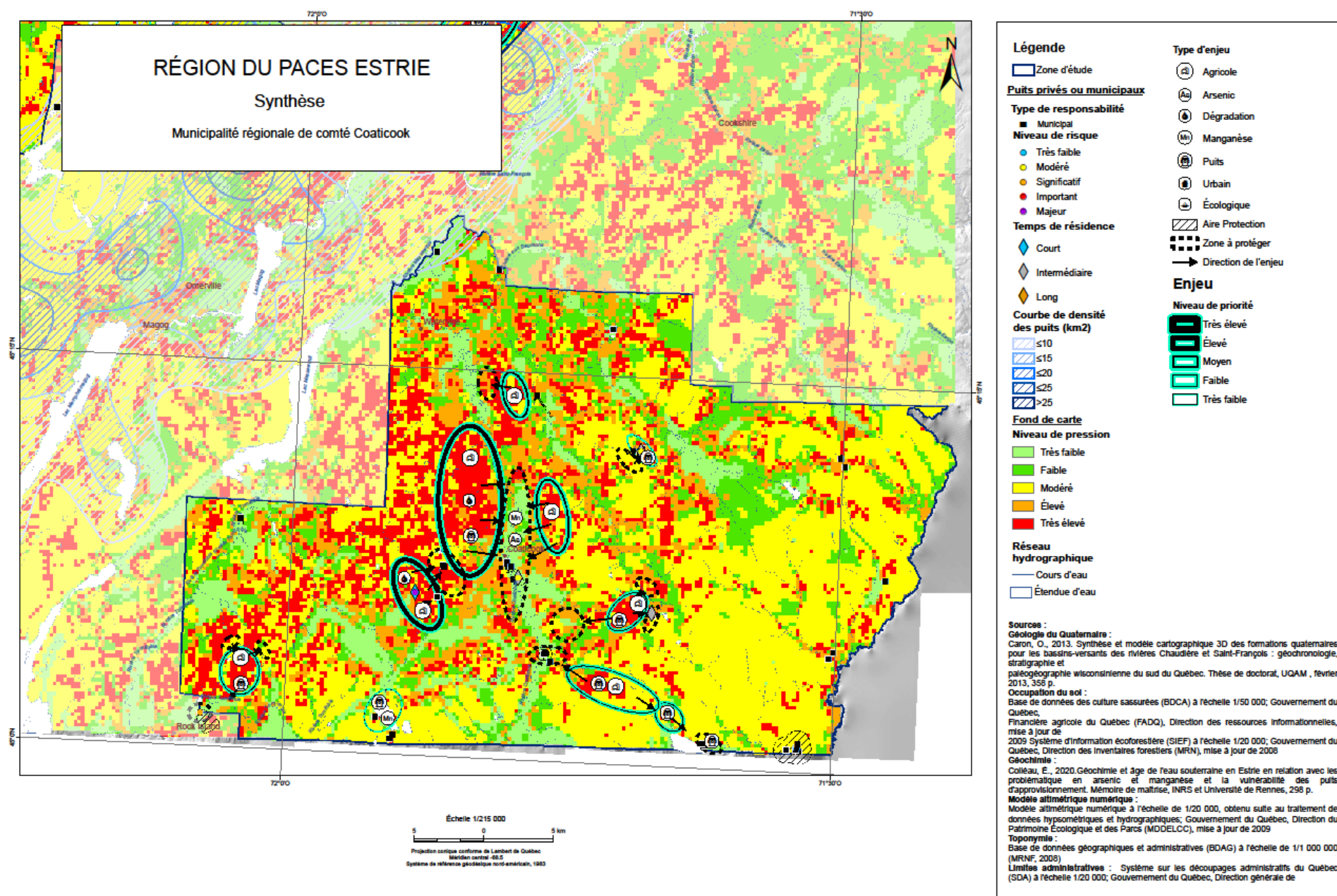


Figure A4.22. Carte synthèse du territoire de la MRC de Val-Saint-François.

