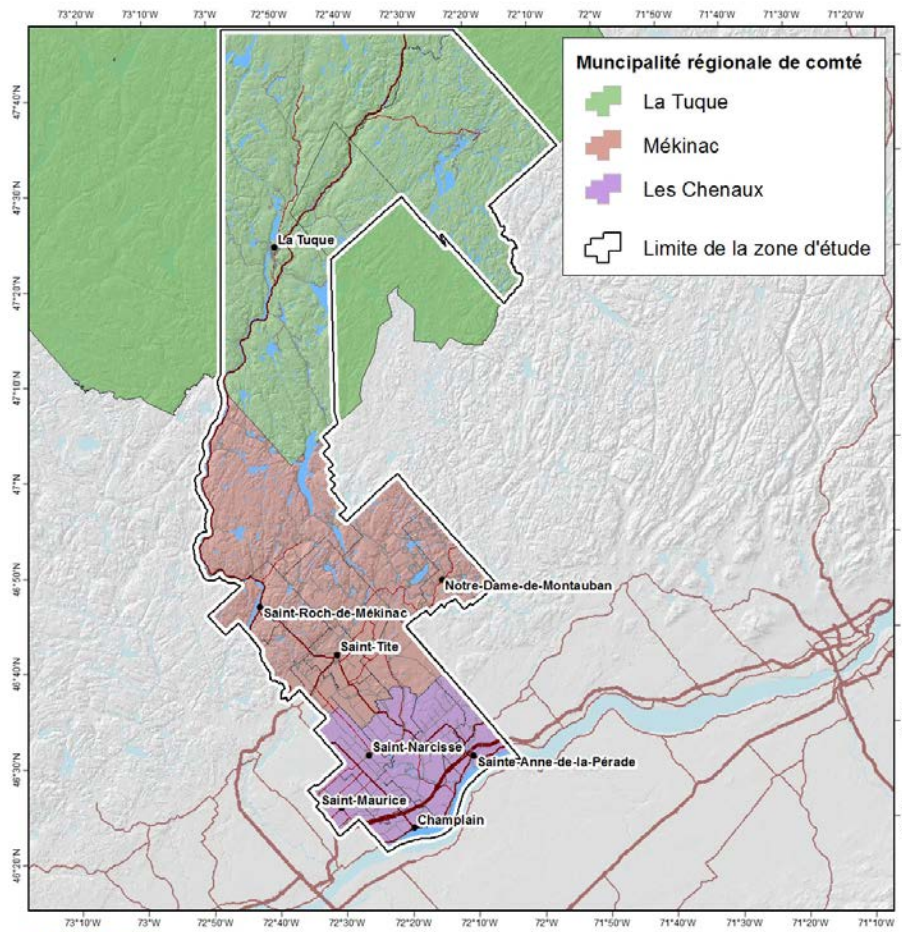


ATELIER 3

Comprendre le fonctionnement hydrogéologique de notre territoire

Mauricie-Est



CAHIER DU PARTICIPANT
webinaire 23 et 24 février 2022

Cet atelier de transfert et d'échange des connaissances issues du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) du territoire de la Mauricie-Est, en formule webinaire, est rendu possible grâce au financement du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). Il est le résultat d'un travail conjoint entre le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES), l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) et l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) :

- Anne-Marie Decelles, directrice générale du RQES, conception, préparation et animation du webinaire
- Miryane Ferlatte, coordonnatrice scientifique du RQES, conception, préparation et animation du webinaire
- Julie Ruiz, professeure et co-directrice du centre de recherche RIVE de l'UQTR, conception du webinaire
- Romain Chesnaux, professeur en hydrogéologie de l'UQAC, co-coordonnateur du PACES de la Mauricie-Est
- Julien Walter, professeur en hydrogéologie de l'UQAC, co-coordonnateur du PACES de la Mauricie-Est
- Mélanie Lambert, professionnelle de recherche de l'UQAC, chargée de projet du PACES de la Mauricie-Est
- Anouck Ferroud, professionnelle de recherche de l'UQAC, chargée de projet du PACES de la Mauricie-Est
- Alain Rouleau, professeur émérite de l'UQAC

Ce cahier est préparé exclusivement pour la réalisation du webinaire des 23 et 24 février 2022.

Références à citer

L'ensemble des informations sur les notions hydrogéologiques fondamentales provient d'un travail de vulgarisation réalisé par un comité de travail du RQES. Toute utilisation de ces notions doit être citée comme suit :

Ferlatte, M., Tremblay, Y., Rouleau, A. et Larouche, U. F. 2014. Notions d'hydrogéologie - Les eaux souterraines pour tous. Première Édition. Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES). 63 p.

Le présent document résulte d'un travail de vulgarisation des connaissances sur les eaux souterraines issues du PACES de la Mauricie-Est:

Decelles, A.M., Ferlatte, M. et Ruiz, J. 2022. Atelier 3- Comprendre le fonctionnement hydrogéologique de notre territoire, cahier du participant pour le webinaire. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'UQAC et de l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire, 71 p.

Les cartes retrouvées dans ce document ont été produites par le Centre d'études sur les ressources minérales (CERM), UQAC.



Ce document est sous licence Creative Commons Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Partage dans les mêmes conditions 4.0 International. Pour accéder à une copie de cette licence, merci de vous rendre à l'adresse suivante <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envoyez un courrier à Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Les organisateurs de l'atelier

Le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES)

Le RQES a pour mission de consolider et d'étendre les collaborations entre les équipes de recherche universitaire et le MELCC d'une part, et les autres organismes gouvernementaux et non gouvernementaux, les consultants, les établissements d'enseignement et autres organismes intéressés au domaine des eaux souterraines au Québec, en vue de la mobilisation des connaissances scientifiques sur les eaux souterraines.

Le RQES poursuit les objectifs spécifiques suivants :

- Identifier les besoins des utilisateurs en matière de recherche, d'applications concrètes pour la gestion de la ressource en eau souterraine, et de formation;
- Faciliter le transfert des connaissances acquises vers les utilisateurs afin de soutenir la gestion et la protection de la ressource;
- Servir de support à la formation du personnel qualifié dans le domaine des eaux souterraines pouvant répondre aux exigences du marché du travail actuel et futur en recherche, en gestion et en consultation.

Pour en savoir plus : www.rques.ca

Le Centre d'études sur les ressources minérales (CERM)

Le Centre d'étude sur les Ressources minérales a pour mission de développer et de coordonner les activités de recherche dans le domaine des ressources minérales à l'Université du Québec à Chicoutimi.

La recherche au CERM porte sur les éléments suivants :

- l'exploration minérale et les processus métallogéniques;
- les eaux souterraines et l'hydrogéomécanique;
- la formation et l'évolution de la croûte précambrienne.

En plus de développer des connaissances sur les ressources minérales et de soutenir la formation de jeunes chercheurs, le CERM représente un acteur socio-économique important dans la région du Saguenay – Lac-Saint-Jean en participant aux différentes stratégies régionales visant le développement minéral, les eaux souterraines et les minéraux industriels.

Pour en savoir plus : cerm.uqac.ca

La plupart des figures et photographies reproduites dans ce document appartiennent à l'équipe de réalisation du PACES ou au Réseau québécois sur les eaux souterraines. Lorsque ce n'est pas le cas, le crédit photographique (source) est indiqué sous l'image.

Table des matières

Votre équipe de formation	5
Le déroulement de l'atelier	6
1. Les notions de base en hydrogéologie	7
Glossaire	9
Quelques notions clés sur les eaux souterraines	12
2. Lecture des données cartographiques	15
Rappel des notions vues au dernier atelier	18
Piézométrie	23
Contextes hydrogéologiques	27
Recharge préférentielle et résurgences	31
Vulnérabilité	34
3. L'eau souterraine de notre territoire	38
Coupe synthèse conceptuelle	40
4. Synthèse des notions apprises	42
Interpréter les cartes pour répondre à une question en aménagement	45
5. Élaborer une stratégie de protection et de gestion des eaux souterraines	62
Des mesures multiples et complémentaires	64
Mise en situation	65
Gabarit	67
ANNEXE: Liste des livrables PACES	70

Votre équipe de formation

Vos animatrices du RQES

**Miryane Ferlatte**

M.Sc. Hydrogéologie
Coordonnatrice scientifique du RQES
Département des sciences de la Terre
et de l'atmosphère, Université du
Québec à Montréal
514-987-3000 poste 0252
rqes.coord@gmail.com

**Anne-Marie Decelles**

M.A. Développement régional
Directrice générale du RQES
Département des sciences de
l'environnement, Université du
Québec à Trois-Rivières
CP 500, Trois-Rivières (Qc) G9A 5H7
819-376-5011 poste 3238
Anne-Marie.Decelles1@uqtr.ca

Vos experts en eaux souterraines - L'équipe de recherche de l'UQAC

**Alain Rouleau**

Ph.D. Hydrogéologie
Professeur émérite
Centre d'études sur les ressources
minérales, Université du Québec à
Chicoutimi
555, boulevard de l'Université
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1
418-545-5011 poste 5213
Alain_Rouleau@uqac.ca

**Julien Walter**

Ph.D. Ing. Hydrogéologie
Professeur au département des
Sciences appliquées
Centre d'études sur les ressources
minérales, UQAC
555, boulevard de l'Université
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1
418-545-5011 poste 2680
Julien_Walter@uqac.ca

**Mélanie Lambert**

M.Sc.A.
Professionnelle de recherche
Centre d'études sur les ressources
minérales
Université du Québec à Chicoutimi
555, boulevard de l'Université
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1
418-545-5011 poste 2230
Melanie_Lambert@uqac.ca

**Anouck Ferroud**

Ph.D. Hydrogéologie
Professionnelle de recherche
Centre d'études sur les ressources
minérales
Université du Québec à Chicoutimi
555, boulevard de l'Université
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1
418-545-5011 poste 2202
anouck.ferroud1@uqac.ca

Le déroulement de l'atelier

Objectifs

- 1-** Poursuivre l'acquisition des notions de base en hydrogéologie pour communiquer avec les chercheurs
- 2 -** Comprendre le fonctionnement des aquifères de notre région
- 3 -** Apprendre à lire et à interpréter les résultats PACES de notre région pour répondre à des enjeux de protection et de gestion de l'eau souterraine
- 4 -** Développer des pistes d'action pour la protection et la gestion des eaux souterraines (PGES)

LES ACTIVITÉS

JOUR 1

- 1. Les notions de base en hydrogéologie**
- 2. Lecture des données cartographiques**
- 3. L'eau souterraine de notre territoire**

JOUR 2

- 4. Synthèse des notions apprises**
- 5. Élaborer une stratégie de protection et de gestion des eaux souterraines**

Activité 1

Les notions de base en hydrogéologie



Tout au long du cahier

Les mots ou expressions en **BLEU** sont définis dans le glossaire des notions clés sur les [eaux souterraines](#) (p. 9 à 11)

Explication activité 1

Objectif



Poursuivre l'acquisition des notions de base en hydrogéologie pour communiquer avec les chercheurs.

Déroulement



Les animatrices dirigent l'activité.

+



Les participants peuvent poser des questions dans le clavardage.

Glossaire de quelques notions clés sur les eaux souterraines

Le glossaire de l'ensemble des notions clés est disponible au lien internet suivant : rques.ca/glossaire/

Aire d'alimentation

Portion du territoire à l'intérieur de laquelle toute l'eau souterraine qui y circule aboutira tôt ou tard au point de captage.

Aquifère

Unité géologique perméable comportant une zone saturée qui conduit suffisamment d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe et le captage de quantités d'eau appréciables à un puits ou à une source. C'est le contenant.

Aquifère confiné

Aquifère isolé de l'atmosphère par un aquitard. Il contient une nappe captive. Il n'est pas directement rechargé par l'infiltration verticale et se retrouve ainsi protégé des contaminants provenant directement de la surface.

Aquifère de roc fracturé

Aquifère constitué de roche et rendu perméable par les fractures qui le traversent. Le pompage de débits importants est parfois difficile.

Aquifère granulaire

Aquifère constitué de dépôts meubles. Généralement, plus les particules sont grossières (ex. : sable et gravier), plus les pores sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère granulaire est perméable. Le pompage de débits importants est souvent possible.

Aquifère non confiné

Aquifère près de la surface des terrains, en contact avec l'atmosphère (pas isolé par un aquitard). Il contient une nappe libre. Il peut être directement rechargé par l'infiltration verticale et est généralement plus vulnérable à la contamination.

Aquifère semi-confiné

Cas intermédiaire entre l'aquifère confiné et l'aquifère non confiné, il est partiellement isolé de l'atmosphère par une unité géologique peu perméable, discontinue ou de faible épaisseur. Il contient une nappe semi-captive. Il est modérément rechargé et protégé.

Aquitard

Unité géologique très peu perméable, c'est-à-dire de très faible conductivité hydraulique, dans laquelle l'eau souterraine s'écoule difficilement. Généralement, plus les particules d'un dépôt meuble sont fines (ex. : argile et silt), plus les pores sont petits, moins l'eau est accessible et moins le dépôt meuble est perméable. L'aquitard agit comme barrière naturelle à l'écoulement et protège ainsi l'aquifère sous-jacent des contaminants venant de la surface.

Argile

Grain très fin, de taille inférieure à 0,002 mm; les pores sont également très petits, rendant les dépôts meubles argileux très peu perméables.

Charge hydraulique

Hauteur atteinte par l'eau souterraine dans un puits pour atteindre l'équilibre avec la pression atmosphérique; généralement exprimée par rapport au niveau moyen de la mer. L'eau souterraine s'écoule d'un point où la charge hydraulique est la plus élevée vers un point où elle est la plus basse. Voir Niveau piézométrique.

Concentration maximale acceptable (CMA)

Seuil de paramètres bactériologiques, physiques ou chimiques que l'eau potable ne doit pas dépasser afin d'éviter des risques pour la santé humaine (provient du Règlement sur la qualité de l'eau potable du Gouvernement du Québec).

Conductivité hydraulique

Aptitude d'un milieu poreux à se laisser traverser par l'eau sous l'effet d'un gradient de charge hydraulique. Plus les pores sont interconnectés, plus le milieu géologique est perméable et plus l'eau peut pénétrer et circuler facilement.

Débit de base

Part du débit d'un cours d'eau qui provient essentiellement de l'apport des eaux souterraines. En période d'étiage, la grande majorité du débit des cours d'eau est constitué d'eau souterraine.

Dépôt meuble

Matériau non consolidé qui provient de l'érosion du socle rocheux et qui le recouvre (ex. : sable, silt, argile, etc.). Synonymes : Mort terrain, Dépôt quaternaire, Dépôt non consolidé, Formation superficielle, Sédiment.

DRASTIC

Système de cotation numérique utilisé pour évaluer la **vulnérabilité** intrinsèque d'un **aquifère**, soit sa susceptibilité de se voir affecter par une contamination provenant directement de la surface. Les sept facteurs considérés sont : la profondeur du toit de la **nappe**, la **recharge**, la nature de l'**aquifère**, le type de sol, la pente du terrain, l'impact de la zone vadose et la **conductivité hydraulique** de l'**aquifère**. L'indice **DRASTIC** peut varier entre 23 et 226; plus l'indice est élevé, plus l'**aquifère** est vulnérable à la contamination.

Eau souterraine

Toute eau présente dans le sous-sol et qui remplit les **pores** des unités géologiques (à l'exception de l'eau de constitution, c'est-à-dire entrant dans la composition chimique des minéraux).

Fracture

Terme général désignant toute cassure, souvent d'origine tectonique, de terrains, de roches, voire de minéraux, avec ou sans déplacement relatif des parois. Ces ouvertures peuvent être occupées par de l'air, de l'eau, ou d'autres matières gazeuses ou liquides.

Gradient hydraulique

Différence de **charge hydraulique** entre deux points, divisée par la distance entre ces deux points. L'**eau souterraine** s'écoule d'un point où la **charge hydraulique** est la plus élevée vers un point où elle est la plus basse.

Gravier

Grain grossier, d'un diamètre compris entre 2 et 75 mm.

Hydrostratigraphie

Représente un arrangement des unités de dépôts meubles et de roches en profondeur en considérant leur perméabilité respective.

Nappe (ou **nappe phréatique**)

Ensemble des **eaux souterraines** comprises dans la **zone saturée** d'un **aquifère** et accessibles par des puits. C'est le contenu de l'**aquifère**.

Nappe captive

Nappe d'eau souterraine limitée au-dessus par une unité géologique imperméable. Elle est soumise à une pression supérieure à la pression atmosphérique, ce qui fait que lorsqu'un forage perce cette couche, le niveau de l'eau monte dans le tubage, et parfois dépasse le niveau du sol (puits artésien jaillissant). Elle n'est pas directement rechargée par l'infiltration verticale et se retrouve ainsi protégée des contaminants provenant directement de la surface.

Nappe libre

Nappe d'eau souterraine située la plus près de la surface des terrains, qui n'est pas couverte par une unité géologique imperméable. Elle est en contact avec l'atmosphère à travers la zone non saturée des terrains. Elle peut être directement rechargée par l'infiltration verticale et est généralement plus vulnérable à la contamination.

Nappe semi-captive

Cas intermédiaire entre la **nappe libre** et la **nappe captive**, elle est partiellement limitée au-dessus par une unité géologique peu perméable, discontinue ou de faible épaisseur. Elle est modérément rechargée et protégée.

Niveau piézométrique

Hauteur atteinte par l'**eau souterraine** dans un puits pour atteindre l'équilibre avec la pression atmosphérique; généralement exprimée par rapport au niveau moyen de la mer. L'**eau souterraine** s'écoule d'un point où le **niveau piézométrique** est le plus élevé vers un point où il est le plus bas. Voir **Charge hydraulique**.

Objectifs esthétiques (OE)

Recommandation pour des paramètres physiques ou chimiques ayant un impact sur les caractéristiques esthétiques de l'eau (couleur, odeur, goût, etc.), mais n'ayant pas d'effet néfaste reconnu sur la santé humaine (publiés par Santé Canada). Les paramètres dont la présence peut entraîner la corrosion ou l'entartrage des puits ou des réseaux d'alimentation en eau sont aussi visés par ces objectifs.

Pore

Interstice dans une unité géologique qui n'est occupé par aucune matière minérale solide. Cet espace vide peut être occupé par de l'air, de l'eau, ou d'autres matières gazeuses ou liquides.

Porosité

Rapport, exprimé en pourcentage, du volume des pores d'un matériau sur son volume total. Plus la porosité est élevée, plus il y a d'espace disponible pour emmagasiner de l'eau.

Potentiel aquifère

La capacité d'un système aquifère à fournir un débit d'eau souterraine important de manière soutenue.

Propriétés (ou paramètres) hydrauliques

L'ensemble des paramètres quantifiables permettant de caractériser l'aptitude d'une unité géologique à contenir de l'eau et à la laisser circuler (ex. : porosité, conductivité hydraulique, etc.).

Recharge

Renouvellement en eau de la nappe, par infiltration de l'eau des précipitations dans le sol et percolation jusqu'à la zone saturée.

Résurgence

Émergence en surface de l'eau, au terme de son parcours dans l'aquifère, lorsque le niveau piézométrique de la nappe dépasse le niveau de la surface du sol. Les résurgences sont généralement diffuses, c'est-à-dire largement étendues (ex. : cours d'eau, lacs et milieux humides), et sont parfois ponctuelles, c'est-à-dire localisées en un point précis (source).

Sable

Grain d'un diamètre compris entre 0,05 et 2 mm.

Silt

Grain d'un diamètre compris entre 0,002 et 0,05 mm, soit plus large que l'argile et plus petit que le sable. Synonyme: Limon.

Source

Eau souterraine émergeant naturellement à la surface de la Terre.

Surface piézométrique

Surface représentant la charge hydraulique en tout point de l'eau souterraine.

Temps de résidence

Durée pendant laquelle l'eau demeure sous terre, depuis son infiltration jusqu'à sa résurgence. Plus son temps de résidence est long, plus l'eau sera évoluée et minéralisée, c'est-à-dire concentrée en minéraux dissous.

Till

Matériau granulaire mis en place à la base d'un glacier, composé de sédiments de toutes tailles dans n'importe quelle proportion, généralement dans une matrice de sédiments fins.

Transmissivité

Aptitude d'un aquifère à se laisser traverser par l'eau sous l'effet d'un gradient de charge hydraulique; c'est le produit de la conductivité hydraulique par l'épaisseur de l'aquifère; exprimée en L²/t (ex. : en mètres carrés par seconde).

Vulnérabilité

Sensibilité d'un aquifère à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol.

Zone non saturée

Zone comprise entre la surface du sol et le toit de la nappe dans laquelle les pores de l'unité géologique contiennent de l'air et ne sont pas entièrement remplis d'eau. Synonyme : Zone vadose.

Zone saturée

Zone située sous le toit de la nappe dans laquelle les pores de l'unité géologique sont entièrement remplis d'eau.

Zone vadose

Voir Zone non saturée.



Nappe, aquifère et aquitard

L'**EAU SOUTERRAINE** est l'eau qui se trouve sous la surface du sol et qui remplit les espaces vides du milieu géologique.

Définitions de base

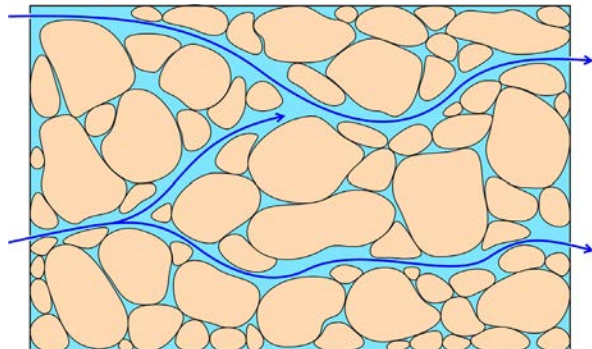
La **POROSITÉ** est le volume (en %) des pores, c'est-à-dire des espaces vides au sein de la matrice solide.

- Plus la porosité est élevée, plus il y a d'espace disponible pour emmagasiner de l'eau.

La **CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE** est l'habileté du milieu à transmettre l'eau.

- Plus les pores sont interconnectés, plus le milieu géologique est perméable et plus l'eau peut pénétrer et circuler facilement.

Circulation de l'eau souterraine entre les pores



NAPPE et AQUIFÈRE, de quoi parle-t-on ?

La **NAPPE** représente l'eau souterraine qui circule dans un aquifère.

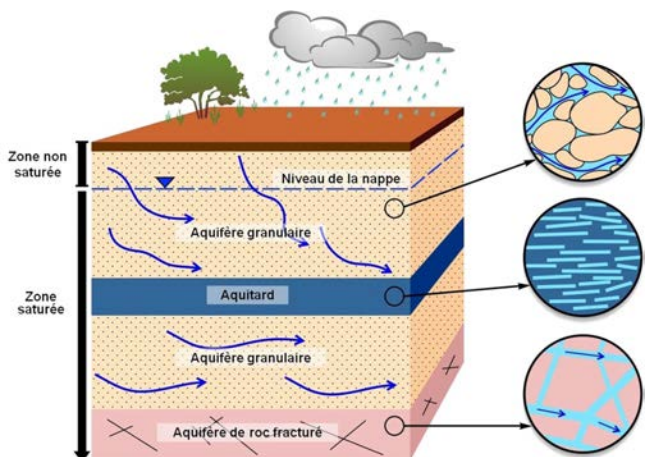
- C'est le **contenu**.

Un **AQUIFÈRE** est un milieu géologique perméable comportant une zone saturée qui permet le pompage de quantités d'eau appréciables à un puits ou à une source.

- C'est le **contenant**.

Comment cela fonctionne-t-il ?

L'eau qui s'infiltre dans le sol percole verticalement et traverse la **zone vadose** (ou **zone non saturée**) pour atteindre la **nappe** phréatique (**zone saturée**), et ainsi contribuer à la **recharge** de l'aquifère. Comme pour l'eau en surface, l'eau souterraine s'écoule dans l'aquifère, mais beaucoup plus lentement que dans les rivières.



Qu'est-ce qu'un AQUITARD ?

L'**AQUITARD** est un milieu géologique très peu perméable, c'est-à-dire de très faible conductivité hydraulique, dans lequel l'eau souterraine s'écoule difficilement. Il agit comme **barrière naturelle** à l'écoulement et protège ainsi l'aquifère sous-jacent des contaminants venant de la surface.



Différents types d'aquifères

Quels sont les milieux géologiques qui constituent des aquifères ?

Deux types de milieux géologiques constituent des aquifères :

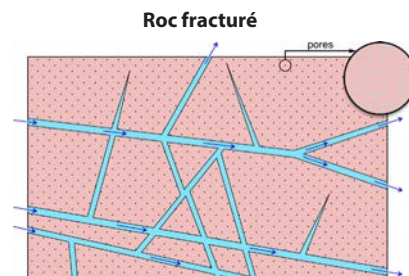
- le **ROC FRACTURÉ** qui constitue la partie supérieure de la croûte terrestre ;
- les **DÉPÔTS MEUBLES** qui sont l'ensemble des sédiments qui proviennent de l'érosion du socle rocheux et qui le recouvrent.

AQUIFÈRE DE ROC FRACTURÉ

Les **pores** de la roche contiennent de l'eau souterraine et forment ainsi un grand réservoir. Leur faible interconnexion ne permet cependant pas une circulation efficace de l'eau.

Les **fractures**, qui ne représentent en général qu'un faible pourcentage en volume par rapport aux pores, permettent toutefois une circulation plus efficace de l'eau, parfois suffisante pour le captage.

En forant un puits dans ce type d'aquifère, on cherche à rencontrer le plus de fractures possible.



Graviers



Argiles



AQUIFÈRE DE DÉPÔTS MEUBLES

Lorsqu'un dépôt meuble est **constitué de particules grossières** (ex.: sables et graviers), il forme un **AQUIFÈRE**.

- Plus les pores sont gros, plus ils sont interconnectés et plus l'aquifère de dépôts meubles est perméable.
- Des débits importants peuvent y être pompés à condition que l'épaisseur saturée soit suffisante.

Lorsqu'un dépôt meuble est **constitué de particules fines** (ex.: argiles et silts), il forme un **AQUITARD**.

- Plus les pores sont petits, moins l'eau est accessible et moins le dépôt meuble est perméable.



Types de dépôts meubles

SÉDIMENTS GLACIAIRES (TILL)

Résulte du transport par les glaciers de fragments arrachés au socle rocheux et la reprise en charge de dépôts meubles anciens.

- Composé de grains de toutes tailles dans une matrice fine — ni **aquifère** ni **aquitard**.

SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

Mis en place par les eaux de fonte, pendant la déglaciation. Comprend les eskers, les kames et la moraine de Saint-Antoine.

- Composés de sables et graviers — **aquifère**.

SÉDIMENTS MARINS, GLACIOMARINS et GLACIOLACUSTRES

Mis en place dans la mer de Goldwaith ou de Champlain, ou dans des lacs alimentés par les eaux de fonte, pendant et après la déglaciation.

- Lorsque déposés en eau profonde : composés de silt et d'argile — **aquitard**.
- Lorsque déposés en eau peu profonde, près du littoral ou dans des deltas : composés de sable et gravier — **aquifère**.

SÉDIMENTS ALLUVIAUX

Mis en place par les cours d'eau actuels ou anciens.

- Composés de silt, sable ou gravier — **aquifère**.

SÉDIMENTS ÉOLIENS

Mis en place par l'action du vent, sous forme de dune.

- Composés de sable — **aquifère**.

SÉDIMENTS ORGANIQUES

Constituent les milieux humides.

- Composés de matière organique — **dynamique d'écoulement des eaux souterraines complexe**.

Till mince



Till continu



Sédiments fluvio-glaciaires



Sédiments littoraux



Argiles glaciomarines



Sédiments deltaïques



Sédiments alluviaux



Sédiments éoliens



Tourbe



Activité 2

Lecture des données cartographiques

Explication activité 2

Objectif



Apprendre à lire et interpréter les données hydrogéologiques à l'aide de cartes.

Déroulement



Après un rappel des notions vues au dernier atelier, les participants approfondissent 4 nouvelles notions en hydrogéologie à l'aide de cartes thématiques de leur territoire.

+



Les participants testent leurs connaissances en répondant à des questions à l'aide des sondages en direct.

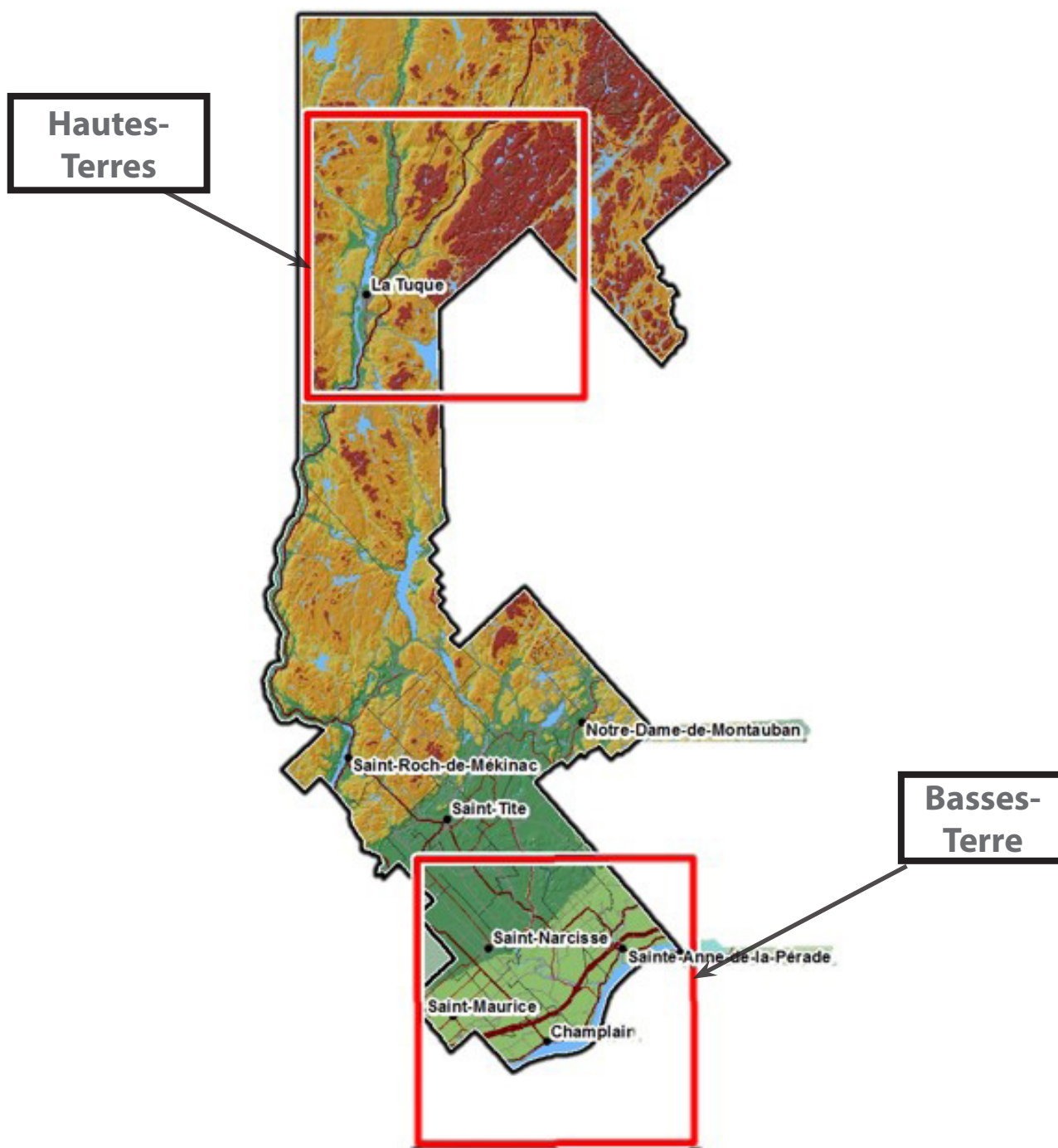
Deux secteurs aux caractéristiques différentes

Les Hautes-Terres

Le secteur des Hautes-Terres est situé au nord du territoire d'étude. Il comprend entre autres les municipalités de La Tuque et La Bostonnais. Les Hautes-Terres occupent 77% du territoire et constituent le relief le plus escarpé composé de collines, de plateaux et de dépressions dont l'altitude moyenne est de 326 m.

Les Basses-Terres

Le secteur des Basses-Terres est situé au sud du territoire d'étude. Il comprend les municipalités de Hérouxville, Saint-Séverin, Saint-Stanislas, Saint-Prosper-de-Champlain, Saint-Narcisse, Saint-Anne-de-la-Pérade, Sainte-Geneviève-de-Bastiscan, Saint-Luc-de-Vincennes, Saint-Maurice, Champlain et Batiscan. Il est principalement situé dans les Basses-Terres et est caractérisé par un relief relativement plat. Les Basses-Terres occupent 9 % du territoire d'étude, s'élèvent à une altitude moyenne de 31 m et sont principalement limitées au nord par la ligne d'élévation de 80 m. Elles correspondent à la plaine argileuse.



Les notions vues au dernier atelier: rappel

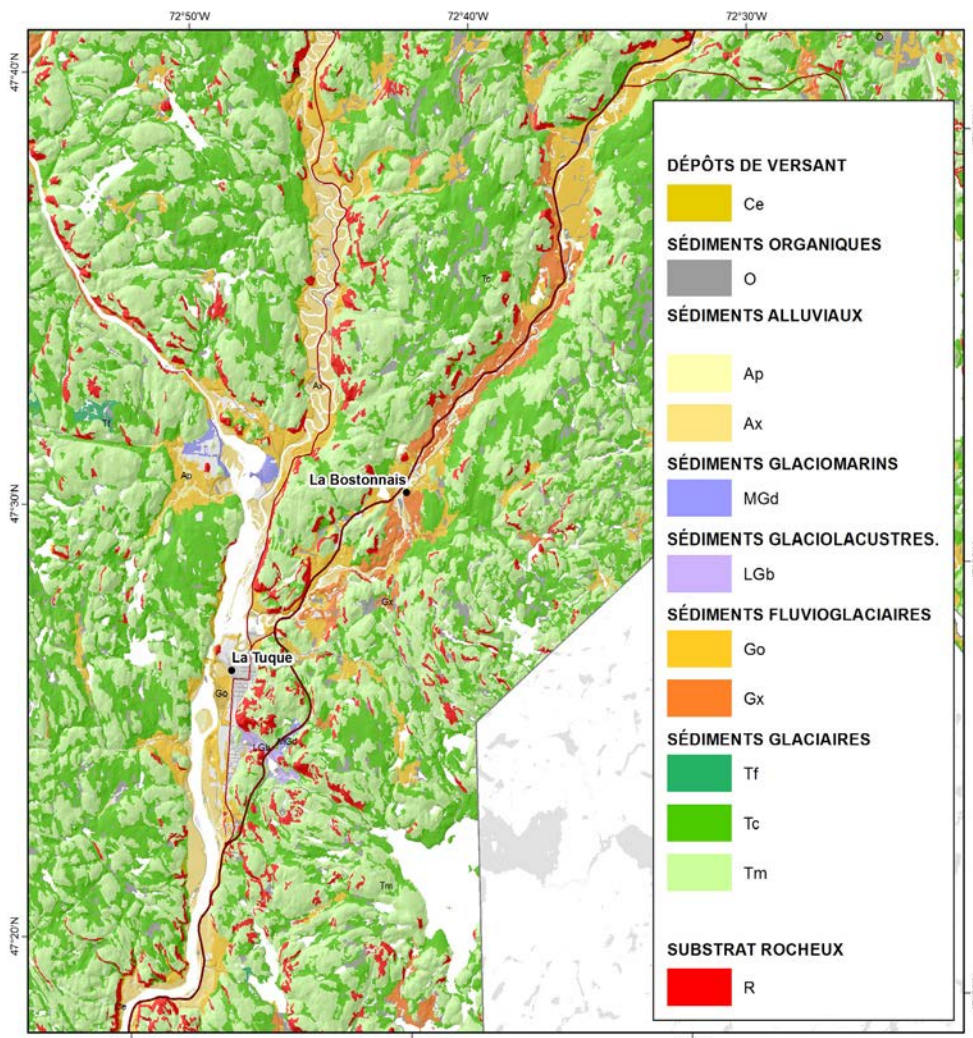
1- Dépôts meubles (carte du Quaternaire)

Les dépôts meubles sont l'ensemble des sédiments qui recouvrent le socle rocheux. Ils proviennent généralement de l'érosion de la roche, mais aussi parfois de la matière organique ou des volcans. Les dépôts meubles possèdent généralement une **POROSITÉ** importante. Ils peuvent contenir entre 30 et 50% de leur volume en eau. L'aptitude de ces milieux granulaires à laisser circuler l'eau dépend toutefois de la taille des pores et de leur interconnexion dans le matériau constituant les dépôts.

L'épaisseur et les propriétés des dépôts meubles qui recouvrent le roc influencent l'écoulement de l'eau souterraine à l'échelle régionale. Lorsque les **DÉPÔTS MEUBLES** sont grossiers (sables et graviers) et que leur épaisseur est suffisamment importante, ils peuvent constituer un **AQUIFÈRE**. Cependant, si les dépôts meubles sont fins (argile et silt) et donc peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un **AQUITARD**.

Les dépôts meubles sont souvent représentés sur une carte montrant la répartition spatiale des dépôts présents en surface (ex.: carte de la géologie du Quaternaire). Cette carte permet de visualiser comment sont organisés les sédiments en surface seulement. La plupart des dépôts de surface sont hérités de la dernière phase de glaciation, celle du Wisconsinien, qui a eu lieu il y a entre 80 000 et 10 000 ans.

Exemple pour le secteur des Hautes-Terres



Les notions vues au dernier atelier: rappel

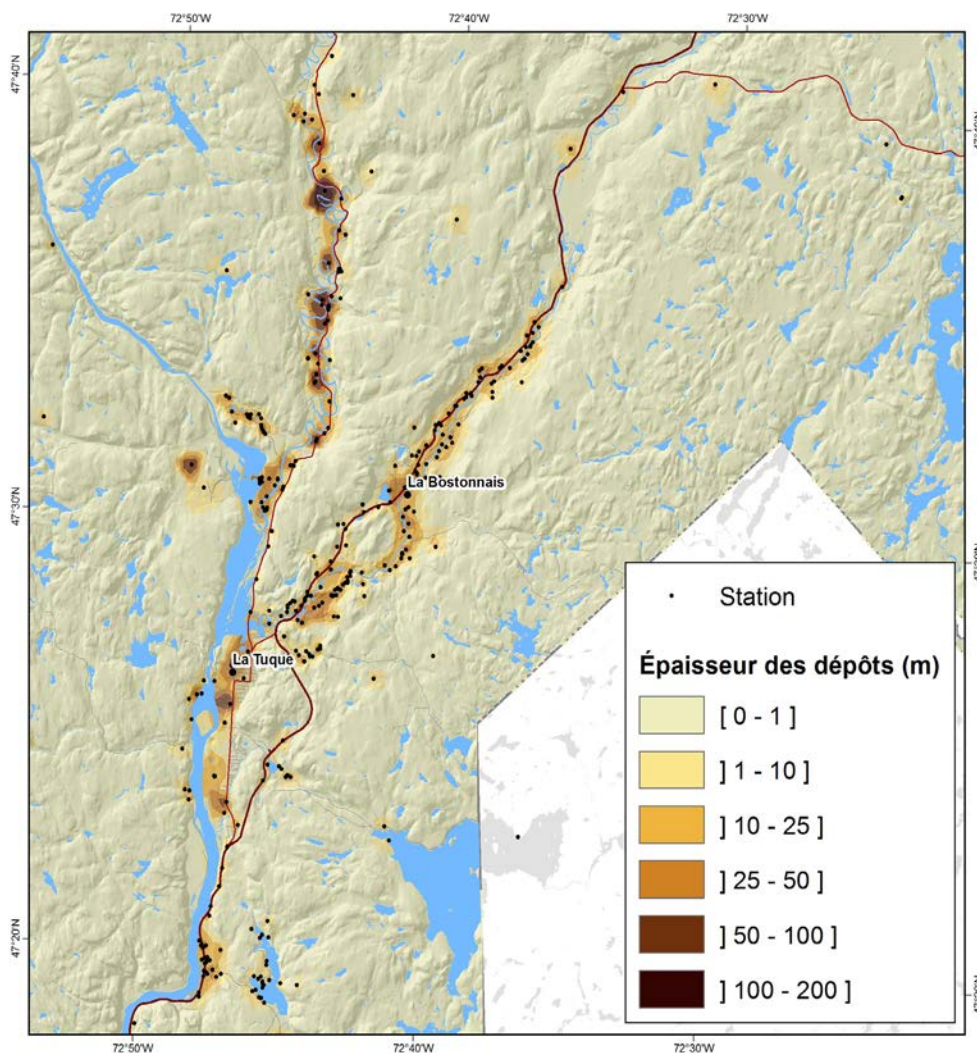
2- Épaisseur des dépôts meubles

Les dépôts meubles sont l'ensemble des sédiments qui recouvrent le socle rocheux. Ils proviennent généralement de l'érosion de la roche, mais aussi parfois de la matière organique ou des volcans. Les dépôts meubles possèdent généralement une **POROSITÉ** importante. Ils peuvent contenir entre 30 et 50% de leur volume en eau.

L'épaisseur et les propriétés des dépôts meubles qui recouvrent le roc influencent l'écoulement de l'eau souterraine à l'échelle régionale. Lorsque les **DÉPÔTS MEUBLES** sont grossiers (sables et graviers) et que leur épaisseur est suffisamment importante, ils peuvent constituer un **AQUIFÈRE**. Cependant, si les dépôts meubles sont fins (argile et silt) et donc peu perméables et suffisamment épais, ils formeront plutôt un **AQUITARD**.

La carte de l'épaisseur des dépôts meubles ne permet pas de distinguer les sédiments perméables des sédiments imperméables. L'agencement stratigraphique avec la profondeur peut être connu à partir des forages qui constituent pour l'hydrogéologue des fenêtres indispensables pour « voir » ce qui se retrouve sous terre ou interprété sur des coupes stratigraphiques.

Exemple pour le secteur des Hautes-Terres



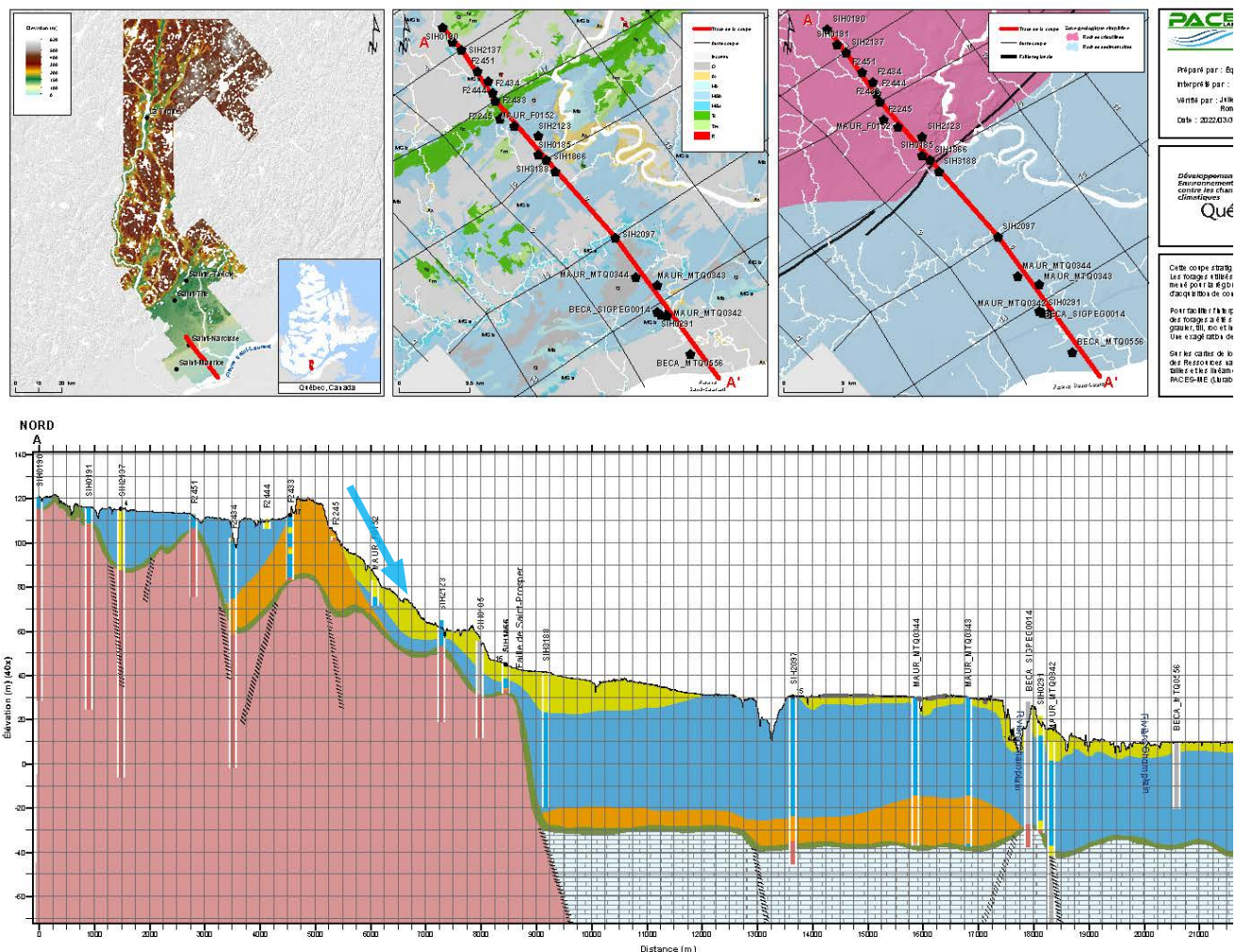
Les notions vues au dernier atelier: rappel

3- Coupes stratigraphiques

Un contexte hydrogéologique représente un arrangement des unités de dépôts meubles et de roches, en considérant leur perméabilité respective. La superposition des unités géologiques est aussi désignée par le terme stratigraphie. Elle permet de visualiser comment sont organisées les unités géologiques en profondeur afin d'en apprécier leur continuité, leur étendue et leur épaisseur, et d'identifier quelle séquence de dépôts meubles peut être rencontrée dans un secteur donné. On parle aussi d'**HYDROSTRATIGRAPHIE**. Par exemple, un contexte hydrostratigraphique pourrait être une zone définie par une couche de silts ou d'argile en surface, reposant sur des sédiments fluvioglaciaires en contact avec l'aquifère de roc fracturé.

Ces contextes exercent une influence sur l'écoulement et la qualité de l'eau souterraine. Ils sont établis dans le but de servir d'indicateurs régionaux des conditions hydrogéologiques présentes sur un territoire. Ces séquences déterminent les **CONDITIONS DE CONFINEMENT** des aquifères.

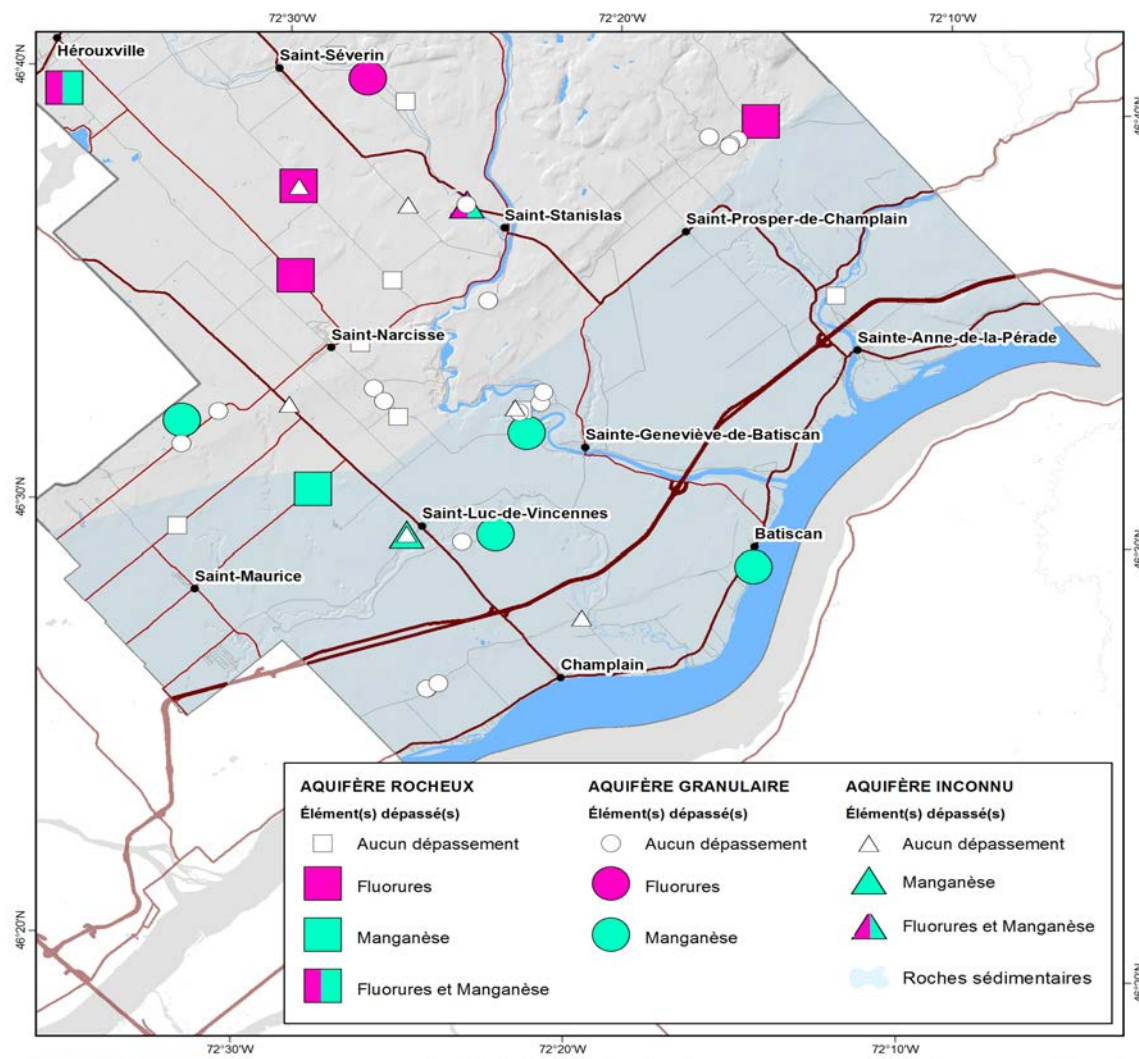
Exemple pour le secteur des Basses-Terres



4- Qualité de l'eau - Critères pour l'eau potable

La qualité de l'eau potable s'évalue en comparant les constituants physicochimiques de l'eau aux normes et recommandations existantes. Les **CONCENTRATIONS MAXIMALES ACCEPTABLES** (CMA) sont des normes bactériologiques et physicochimiques visant à éviter des risques pour la santé humaine. Elles proviennent du Règlement sur la qualité de l'eau potable (Q-2, r. 40).

Exemple pour les critères de potabilité dans le secteur des Basses-Terres



Dans les prochaines pages, nous introduirons 4 nouvelles notions:

1. La piézométrie
2. Les contextes hydrogéologiques
3. Les zones de recharge préférentielle et de résurgence
4. La vulnérabilité

Limites générales de l'étude

Les cartes réalisées dans le cadre du PACES Mauricie-Est sont représentatives des conditions régionales. Le portrait régional en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données sources utilisées pour réaliser les travaux d'analyse et d'interprétation des données ainsi que la production des cartes, malgré les efforts déployés lors de la collecte, de la sélection et de la validation des données. Par conséquent, les résultats du projet présentés dans le rapport et les cartes associées ne peuvent remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offrent aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégrité des données et des conditions présentées. Les auteurs et leurs institutions ou organismes d'attache ne donnent aucune garantie quant à la fiabilité, ou quant à l'adaptation à une fin particulière de toute œuvre dérivée et n'assument aucune responsabilité pour les dommages découlant de la création et de l'utilisation de telles œuvres dérivées, ou pour des décisions basées sur l'utilisation de ces données, des conditions présentées par les données ou des données sources y étant rattachées.

Les données de base utilisées proviennent de différentes sources (ex. : données de terrain récoltées dans le cadre du PACES, rapports de consultants, bases de données ministérielles) pour lesquelles la qualité des données est variable. Une grande proportion des données proviennent du Système d'information hydrogéologique (SIH) du MELCC et sont jugés de moins bonne qualité, tant en ce qui concerne les mesures géologiques et hydrogéologiques que les localisations rapportées. Ces données sont moins fiables individuellement, mais elles permettent de faire ressortir les tendances régionales des paramètres hydrogéologiques étudiés. Les résultats des analyses de qualité de l'eau ne sont valides que pour le puits où l'échantillon a été récolté. Les valeurs des paramètres pourraient aussi varier temporellement (jours, saisons ou années).

NOTE:

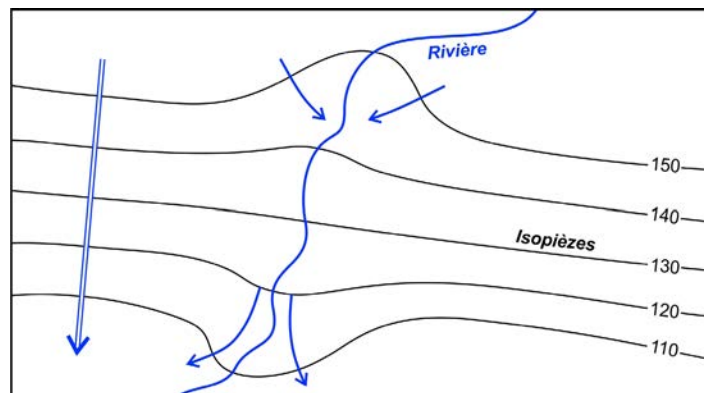
Vous trouverez la liste des livrables PACES en annexe à la page 68.

1- Piézométrie (Livable #19)

Définition

En reliant tous les niveaux piézométriques mesurés sur un territoire, on obtient la **SURFACE PIÉZOMÉTRIQUE**. Pour représenter celle-ci sur une carte, des lignes sont tracées entre différents points de même niveau piézométrique. (appelées isopièzes ou courbes piézométriques), comme sur une carte topographique. Plus les courbes sont rapprochées, plus le **GRADIENT HYDRAULIQUE** est élevé.

Le **NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE** (ou **CHARGE HYDRAULIQUE**) correspond à l'élévation du niveau d'eau par rapport au niveau moyen de la mer (nmm) mesuré dans un puits. Une carte piézométrique indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère, qui va des zones au niveau piézométrique plus élevée vers celles où le niveau est plus faible. On obtient ainsi une vue d'ensemble de la dynamique de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère. Lorsque le niveau piézométrique est supérieur à l'élévation du sol, il y a **RÉSURGENCE** d'eau souterraine.



Méthode utilisée

La faible densité et la mauvaise répartition spatiale de points de mesure du toit de la nappe d'eau souterraine issus d'ouvrages sur le territoire à l'étude ne permettent pas d'utiliser cette source d'information pour la création d'une surface piézométrique régionale. Puisque l'hydrographie est assimilée à un « affleurement » de la surface des nappes souterraines, la piézométrie indifférenciée entre les aquifères de roc fracturé et de dépôts meubles a été estimée en interpolant, sur des mailles de 250 m X 250 m, seulement les élévations de l'hydrographie de surface. Ceci permet d'obtenir une quantité appréciable de données avec une répartition plus homogène. Les points de mesure piézométrique issus d'ouvrages sont ensuite utilisés pour vérifier la validité de cette hypothèse. Les courbes isopiézométriques (de même niveau) sont présentées avec une équidistance de 100 m dans les Hautes-Terres et 20 m dans les Basses-Terres.

Interprétation pour la région

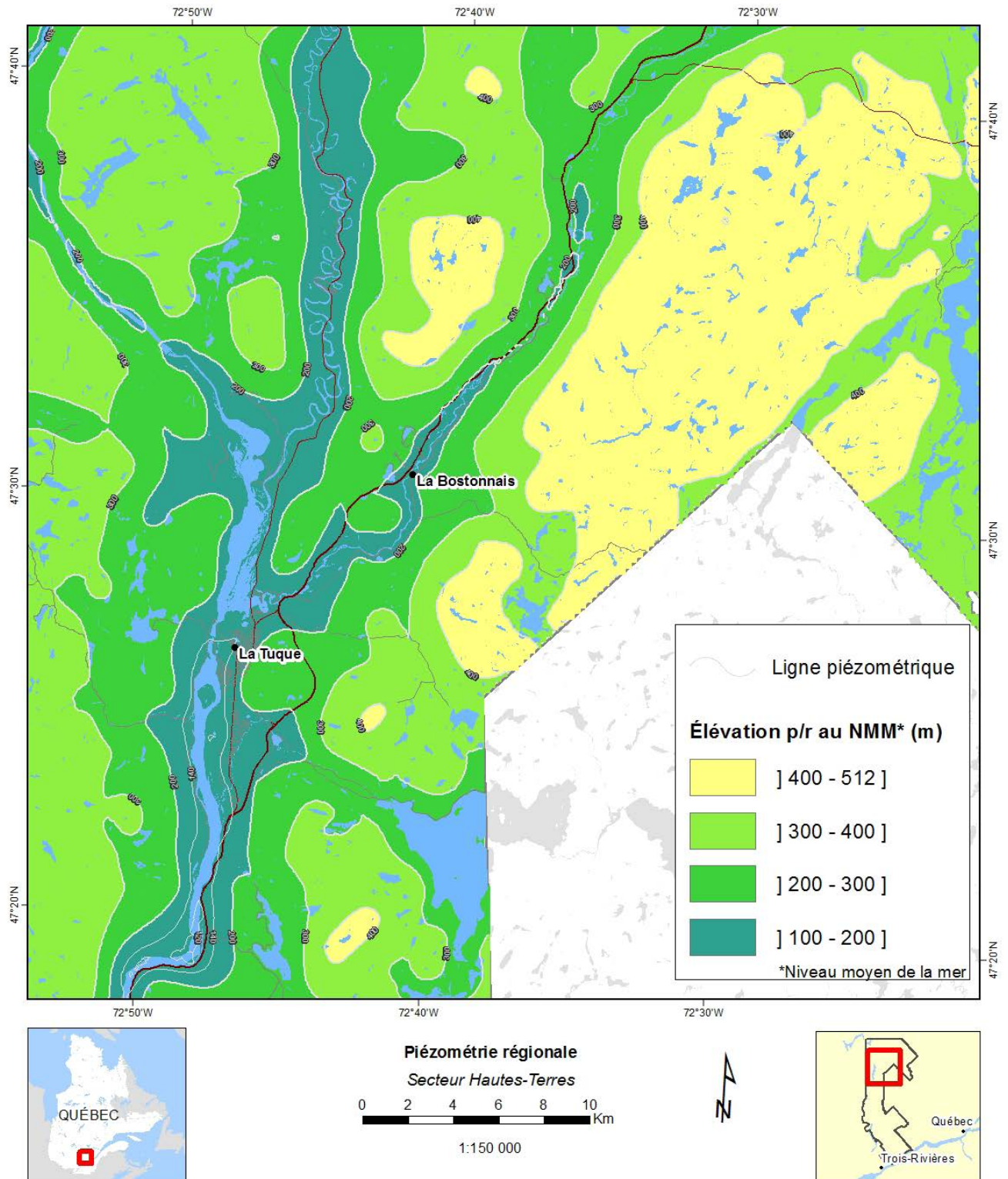
La piézométrie est présentée en termes d'élévation. Dans ce cas, on parle plutôt de **CHARGE HYDRAULIQUE**. La carte piézométrique dans les Hautes-Terres (secteur La Tuque) montre que la charge hydraulique est plus importante dans hauts plateaux (jusqu'à 512 m), et moins importante dans les vallées et les Basses-Terres (minimum 100 m). Les écoulements souterrains, comme les écoulements de surface, sont principalement contrôlés par la gravité, et donc par la différence de charge hydraulique (aussi appelée le gradient hydraulique). Ainsi, les écoulements souterrains sont focalisés des zones de hautes élévations (charge hydraulique élevée) vers des zones de basses élévations (charge hydraulique plus faible). La même chose est observable pour les Basses-Terres (carte suivante), mais à des intensités moindre considérant une topographie moins escarpée et moins hautes entre le piémont (charge hydraulique max 200 m) et les Basses-Terres du fleuve Saint-Laurent (charge hydraulique minimum 3). On comprend alors que les zones de décharge (ou résurgence) de l'eau souterraine, si l'environnement le permet, sont donc généralement associée au réseau hydrique (cours d'eau et lac).



Pour une municipalité s'approvisionnant en eau souterraine, pourquoi est-ce important de déterminer le sens d'écoulement de l'eau souterraine?



Secteur des Hautes-Terres



À l'échelle régionale, l'eau souterraine s'écoule des hauts topographiques vers les vallées.

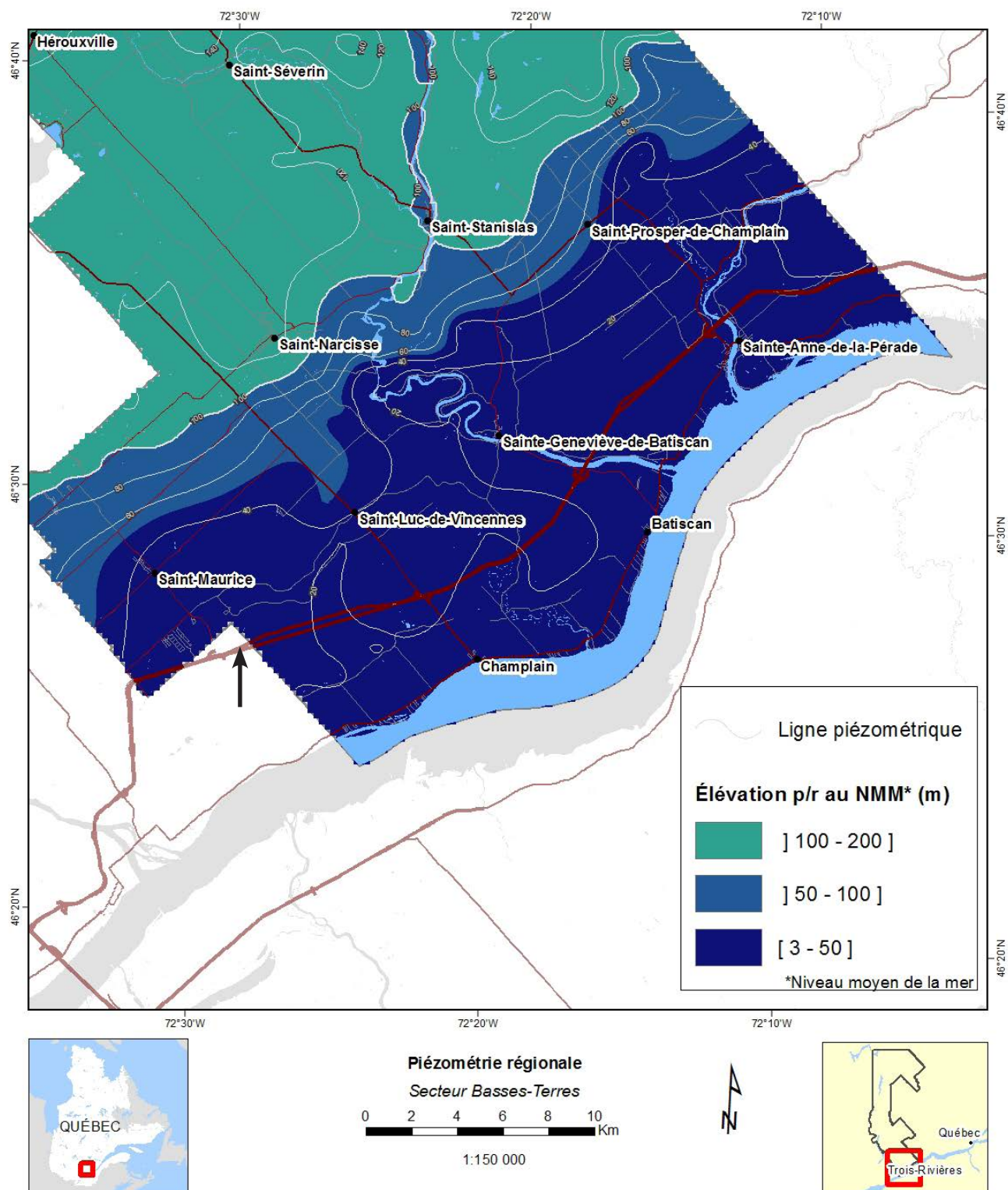
Vrai

☐

Faux

☐

Secteur des Basses-Terres



Le fleuve Saint-Laurent constitue la seule zone de résurgence principale de l'eau souterraine de toute la région.

Vrai

☐

Faux

☐

2- Contextes hydrogéologiques (Livable #17)

Définition

Un contexte hydrogéologique représente un arrangement des unités de dépôts meubles et de roches, en considérant leur perméabilité respective. La superposition des unités géologiques est aussi désignée par le terme stratigraphie. Elle permet de visualiser comment sont organisés les unités géologiques en profondeur afin d'en apprécier leur continuité, leur étendue et leur épaisseur, et d'identifier quelle séquence de dépôts meubles peut être rencontrée dans un secteur donné. On parle aussi d'**HYDROSTRATIGRAPHIE**. Par exemple, un contexte hydrostratigraphique pourrait être une zone définie par une couche d'argile en surface, reposant sur des sédiments fluvioglaciers de sable et de gravier en contact avec l'aquifère de roc fracturé.

Ces contextes exercent une influence sur l'écoulement et la qualité de l'eau souterraine. Ils sont établis dans le but de servir d'indicateurs régionaux des conditions hydrogéologiques présentes sur un territoire. Ces séquences déterminent les **CONDITIONS DE CONFINEMENT** des aquifères.

Méthode utilisée

Les contextes hydrogéologiques sont obtenus à partir des séquences d'empilement possibles des milieux aquifères régionaux présents dans les dépôts meubles avec ceux du roc fracturé. Les limites de ces deux types de milieux aquifères ont été établies dans le cadre du PACES-ME.

- Les limites régionales des milieux aquifères dans les dépôts meubles ont été créées en deux étapes distinctes :
 - Les polygones délimitant les milieux aquifères affleurants ont d'abord été créés à partir des unités de dépôts de surface (Livable #12: Géologie du Quaternaire) selon leur granulométrie et leur potentiel aquifère (sédiments fins, sables ou graviers d'origine fluvioglacière). Les unités de surface du livable #12 proviennent des cartes au 1 :50 000 du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN, 2021).
 - Les polygones des milieux aquifères enfouis ont ensuite été interprétés à partir des 44 coupes stratigraphiques produites pour le territoire à l'étude (Livable #14). L'interprétation en coupe des données stratigraphiques issues des stations représentant un forage, un puits, un piézomètre ou un point de levée géophysique permet d'évaluer l'étendue verticale et horizontale des milieux aquifères enfouis.
- Les limites régionales des milieux aquifères dans le roc fracturé sont obtenues à partir des unités retrouvées sur la carte de la géologie du roc (Livable #13). L'information sur la lithologie (type de roche) provient d'une compilation de plusieurs cartes géologiques intégrées dans le Système d'information géomine du Québec (SIGEOM) du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). Les polygones lithologiques ont ensuite été regroupés selon leur porosité et leur potentiel aquifère (fracturation) pour former deux grandes catégories de milieux aquifères fracturés : les roches sédimentaires et les roches cristallines.

Les contextes hydrogéologiques permettent aussi de distinguer les aquifères à nappe libre des aquifères à nappe captive selon leur position par rapport à une unité imperméable constituée de sédiments fins (argile, silts ou till). Cette couche confinante est représentée sur la carte des contextes hydrogéologiques par une trame hachurée et dans les colonnes stratigraphiques (séquence d'empilement des unités) par un carré gris. Dans la légende de la carte, chaque contexte hydrogéologique est identifié avec une lettre accompagnée de sa représentation graphique (couleur et texture) et de sa colonne stratigraphique (séquence d'empilement des unités) correspondante. Les contextes avec 2 colonnes stratigraphiques représentent les cas où la roche sédimentaire est présente (dans les Basses-Terres) ou absente (dans les Hautes-Terres).

2- Contextes hydrogéologiques (Livvable #17)

Interprétation pour la région

Cette carte demande un certain temps d'appropriation car elle exige un effort de conceptualisation de la 3e dimension en 2 dimensions. Les Hautes Terres sont marquées par 3 grands types de contextes qui dominent cette portion du territoire. D'une part le roc affleurant (contexte A), d'autre part les contextes où les argiles sont présentes (contextes C, F, G), et finalement les contextes de dépôts granulaires perméables affleurants (D). Les 2 derniers (présence d'argile et granulaire perméable affleurant) sont retrouvés principalement dans le fond des vallées, en particulier la vallée de la rivière Croche (dominée par la présence d'argile enfouie) et la vallée de la Bostonnais, dominée par les dépôts fluvioglaciers. Les Basses-Terres quant à elles sont dominées par les contextes avec argiles marines surmontées par des sables indifférenciés. Deux autres contextes en association spatiale suit le tracé de la moraine de Saint-Narcisse, à savoir les dépôts granulaires perméables affleurants (contexte D) correspondant à la crête de la moraine, et ces mêmes dépôts perméables enfouis sous l'argile (contexte E), correspondant aux flancs de la moraine de Saint-Narcisse. L'argile est aussi visible en surface (contexte B), dans les réseaux de drainage dendritique de surface. L'aquifère de roc fracturé sédimentaire n'est présent que dans les Basses-Terres, au sud de la moraine de Saint-Narcisse.

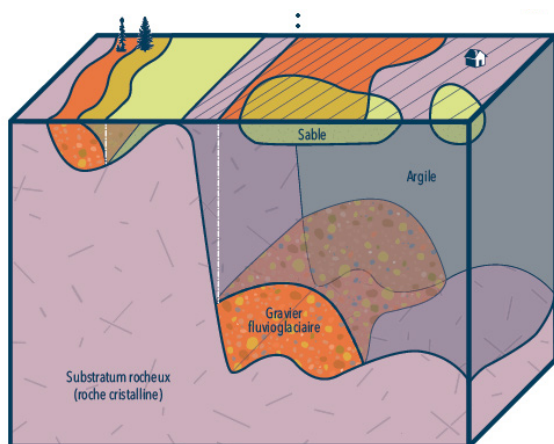
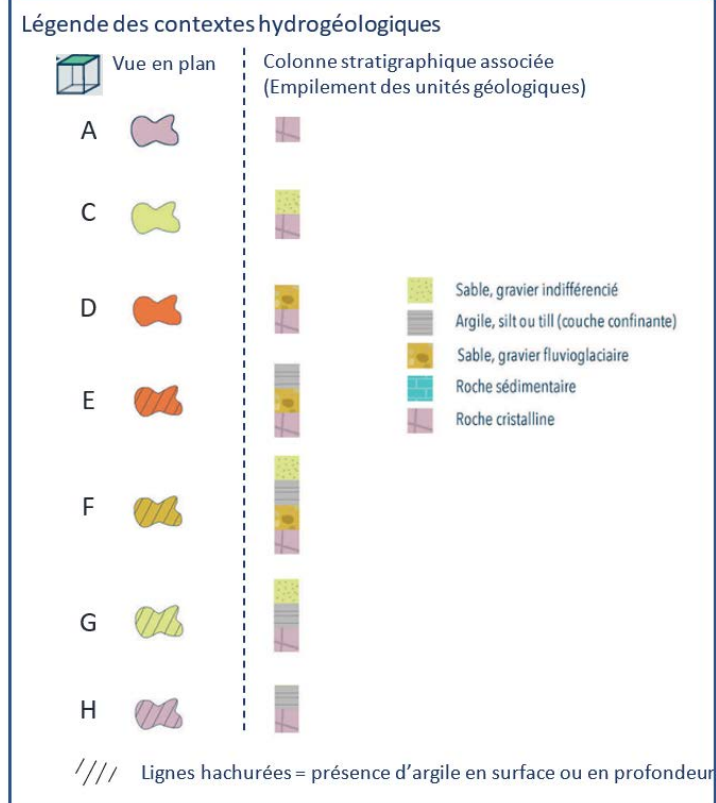


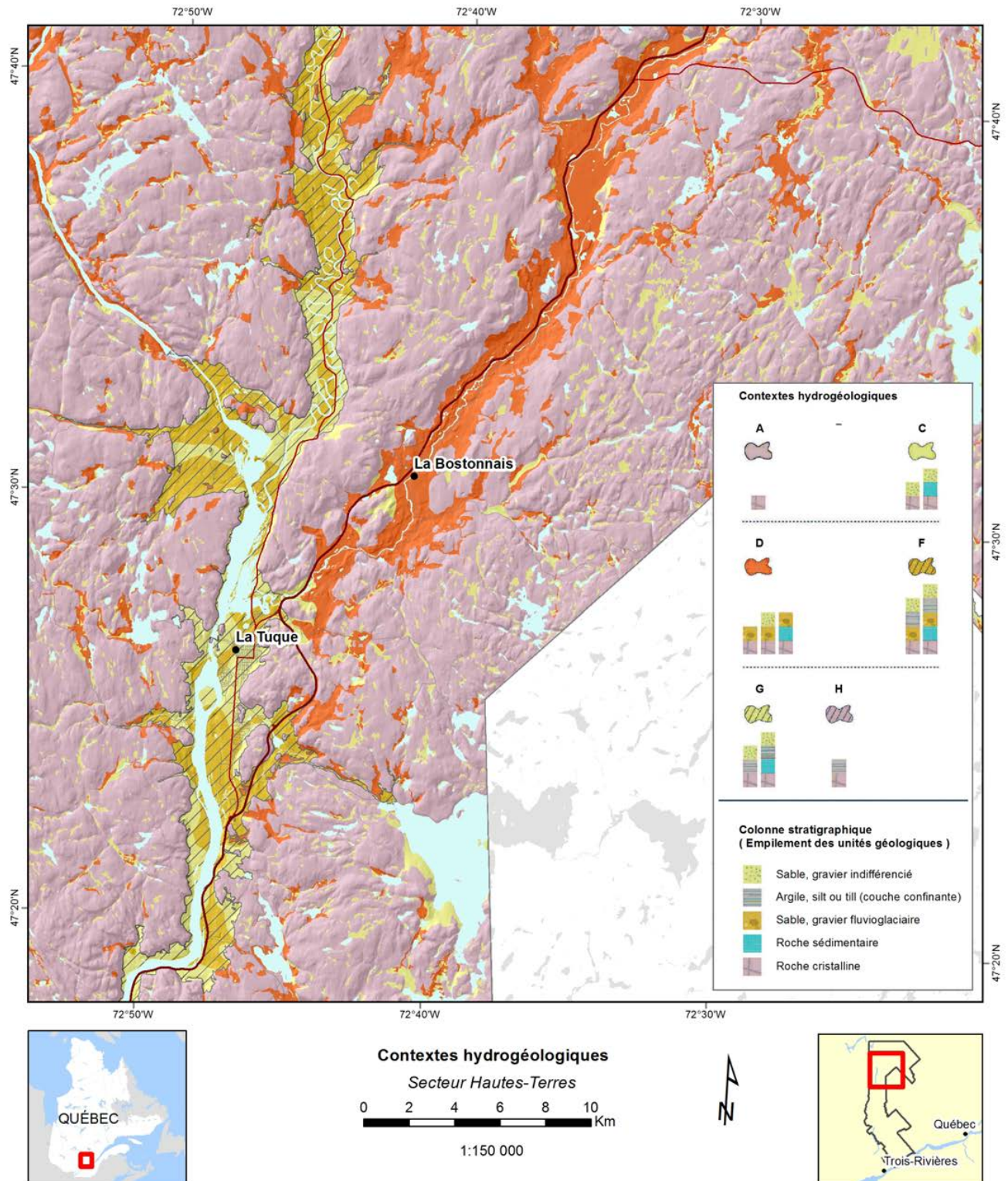
Figure tirée des atlas personnalisés sur les eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean (CERM-ARIM'eau, 2020). Tous droits réservés <https://cerm.uqac.ca/arimeau/>



Quels sont les contextes hydrogéologiques les plus intéressants pour l'exploitation de l'eau souterraine?



Secteur des Hautes-Terres



Il n'y a pas de couche confinante dans le secteur de la ville de La Tuque.

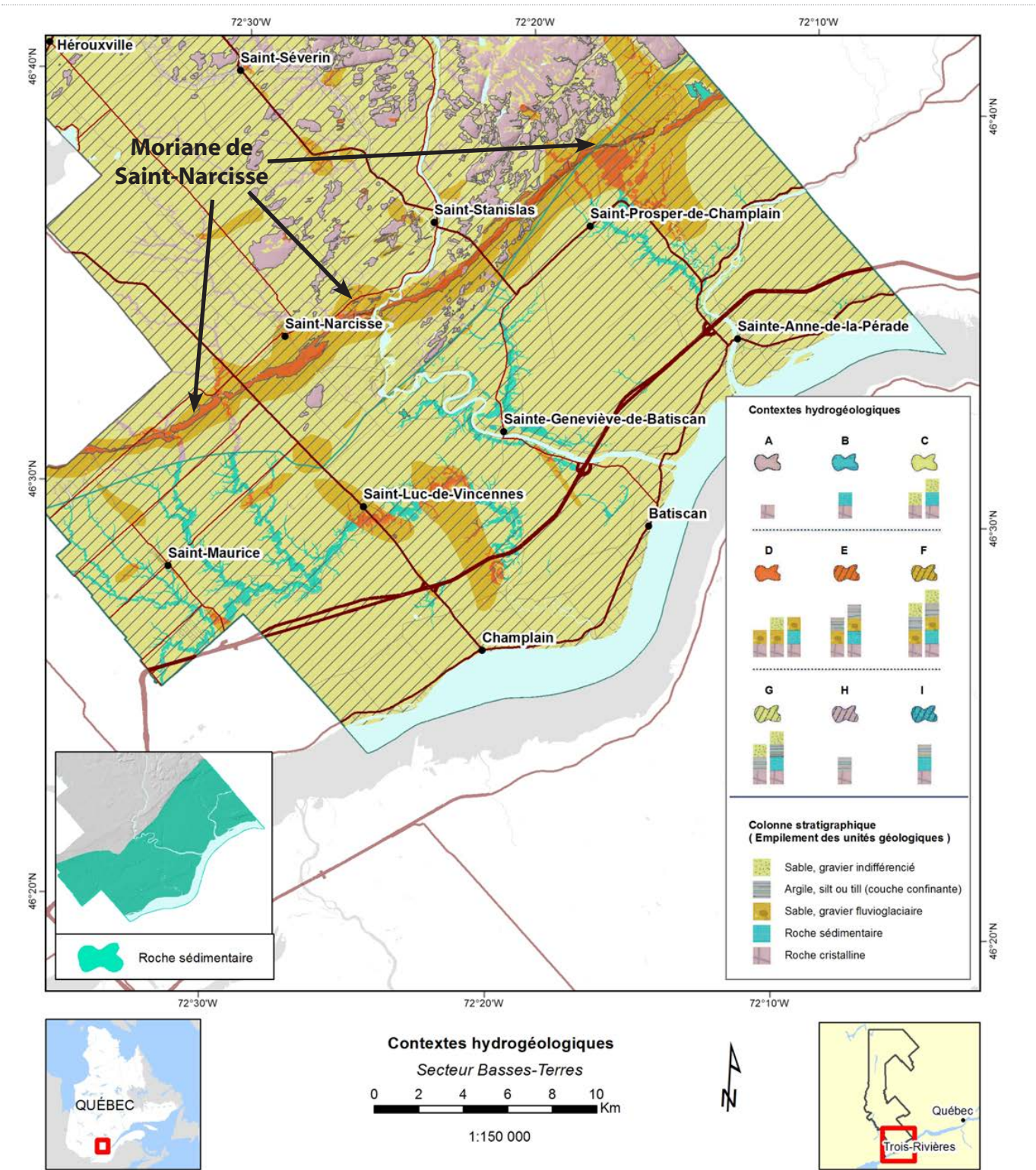
Vrai

☐

Faux

☐

Secteur des Basses-Terres



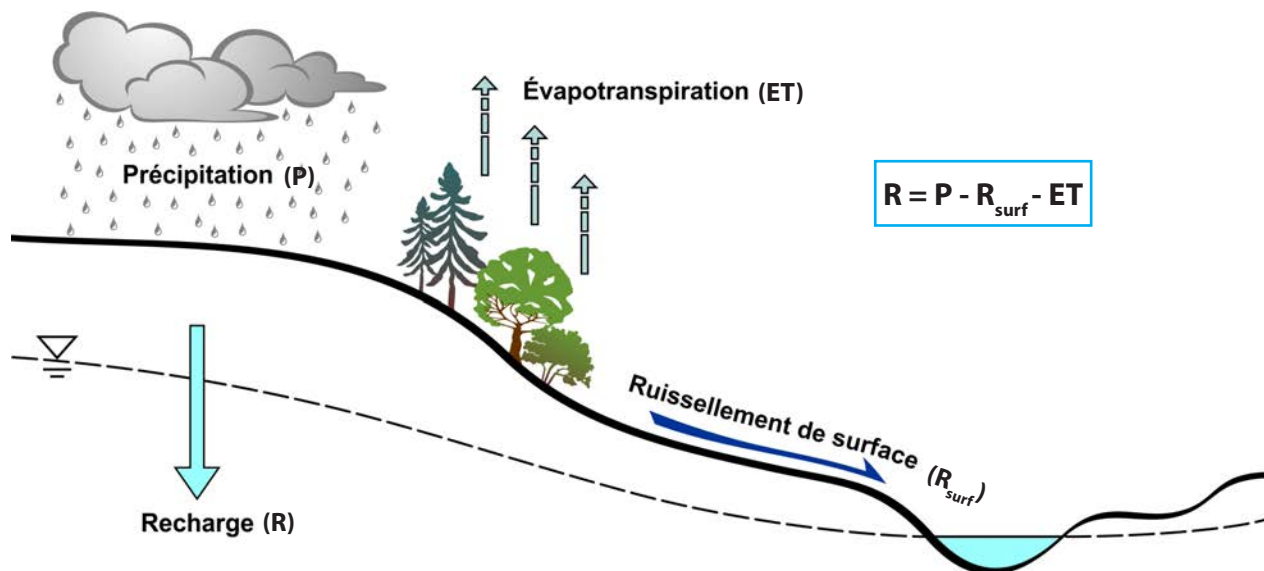
L'aquifère de roc fracturé sédimentaire est présent au nord de la moraine de Saint-Narcisse.

Vrai ☐ Faux ☐

3- Recharge préférentielle et résurgences (Livrables #27)

Définition

La **RECHARGE** correspond à la quantité d'eau (en mm/an) qui s'infiltre dans le sol et atteint la nappe phréatique. L'estimation de la recharge est nécessaire pour évaluer les ressources disponibles en eau souterraine, car les débits qui peuvent être exploités de façon durable dépendent du renouvellement de l'eau souterraine. Un niveau d'exploitation inférieur à 20% de la recharge est généralement jugé durable. La recharge est liée aux conditions climatiques, à l'occupation du sol et aux propriétés physiques du sol, soit sa capacité à laisser s'infiltérer l'eau. Comme ces facteurs varient d'un endroit à l'autre, la recharge n'est pas uniforme sur l'ensemble du territoire. Elle se produit également de façon saisonnière, principalement au printemps lors de la fonte des neiges, et à l'automne lorsque l'évapotranspiration diminue.



Au terme de leur parcours souterrain, les eaux souterraines font **RÉSURGENCE** en surface. Ces zones de résurgence sont en bonne partie diffuses (c.à.d. largement étendue), et se traduisent par la formation de milieux humides ou par l'exfiltration d'eau souterraine en bordure ou même au fond des cours d'eau. Elles peuvent aussi parfois être ponctuelles (c.à.d. en un point précis) et ainsi former des **SOURCES** ou des têtes de ruisseaux situés en pied de talus. En période d'étiage, l'essentiel de l'eau qui s'écoule dans les rivières provient de l'apport des eaux souterraines. C'est ce qu'on appelle le **DÉBIT DE BASE** des cours d'eau. Les zones de résurgence jouent un rôle vital dans le maintien des écosystèmes, notamment en fournissant un apport constant en nutriments et en eau pour la faune et la flore aquatiques.

Méthode utilisée

La recharge annuelle (en mm/an) est une moyenne calculée sur 10 ans (2000 à 2009) et est estimée en tous points sur le territoire pour des mailles de 250 m x 250 m. Le calcul de la recharge se base sur le bilan hydrologique qui s'exprime sous la forme d'une équation où quatre termes se distinguent (voir figure ci-dessus).

Les précipitations journalières sont obtenues à partir des apports verticaux (pluie et fonte de neige) produits par le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ). L'évapotranspiration potentielle, le ruissellement et l'évapotranspiration sont estimés à partir d'équations empiriques intégrant plusieurs données sur le climat, la végétation, l'occupation du territoire et les propriétés du sol.

Les zones de recharge préférentielle correspondent aux parties du territoire où l'on retrouve les plus grandes capacités d'infiltration de l'eau. Elles ont été établies à partir des limites des milieux aquifères de dépôts meubles présents en surface desquelles ont été soustraites les zones affichant un ratio inférieur à 25% entre la recharge et les précipitations annuelles.

Les zones de résurgence sont identifiées en effectuant la différence entre l'élévation de la surface du terrain retrouvée sur le modèle numérique de terrain (Livable #3) et la piézométrie régionale (Livable #19). Les zones de résurgence correspondent aux zones où la différence est négative.

3- Recharge préférentielle et résurgences (Livrables #27)

Interprétation pour la région

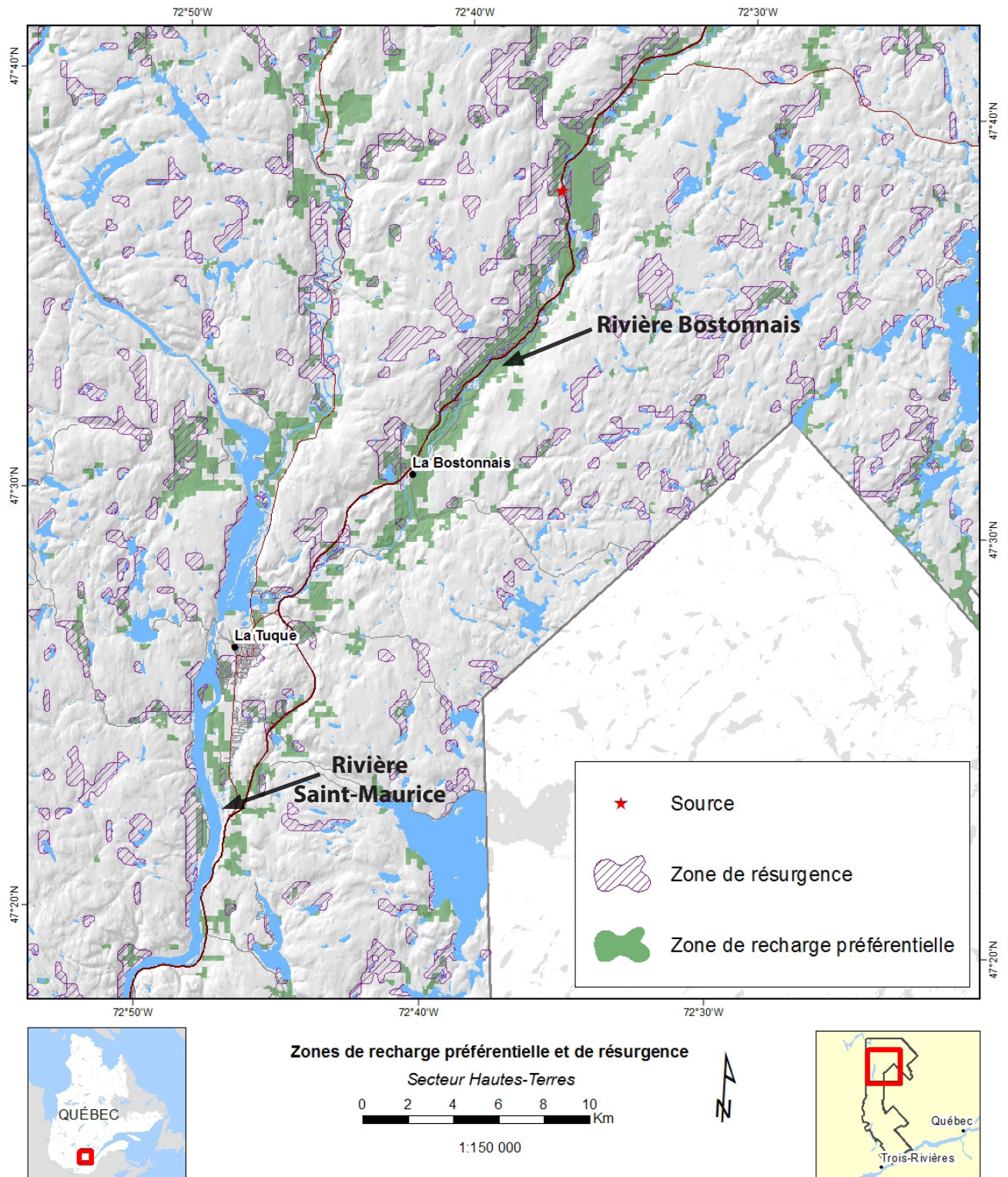
Les interprétations à partir de ces cartes doivent être rapprochées de celles faites à partir de la carte piézométrique régionale et des données quantitatives de recharge. Ce qu'on comprend en observant la carte, et compte-tenu de la méthode, c'est que dans le cas des Hautes-Terres, la hauteur du toit de la nappe se trouve généralement au-dessus de la surface du sol dans les fonds de vallées. Ces fonds de vallée constituent des zones de résurgence préférentielle. Les zones de recharge quant à elles impliquent que plus de 25% des eaux de précipitation atteignent la nappe d'eau, et donc que les dépôts en surface soient perméables. À nouveau, les fonds de vallées seront généralement des sites privilégiés, car c'est à ces endroits que sont généralement accumulées les plus grande proportion de sédiments perméables. La majorité du territoire des Hautes-Terres est dominé par du roc affleurant, plutôt peu perméable. Dans les Basses-Terres, c'est quelque peu différent. Les données quantitatives de recharge sont généralement très élevées car la topographie est plane et sa surface est couverte d'une faible épaisseur de sable perméable. L'omniprésence sur les cartes géologiques de cette couche de sable et l'apparente homogénéité topographique confèrent à toute la zone des Basses-Terres des caractéristiques de zones de recharge. Dans un contexte où la topographie est relativement plane et régulière, et que le milieu de surface est perméable, le profil de la nappe d'eau a tendance à suivre le profil topographique. Dans ce cas, de faibles variations à la baisse de la topographie auront comme effet de permettre à la nappe de faire résurgence.



Comment les zones de recharge préférentielles peuvent-elles être à la fois des zones de résurgence?



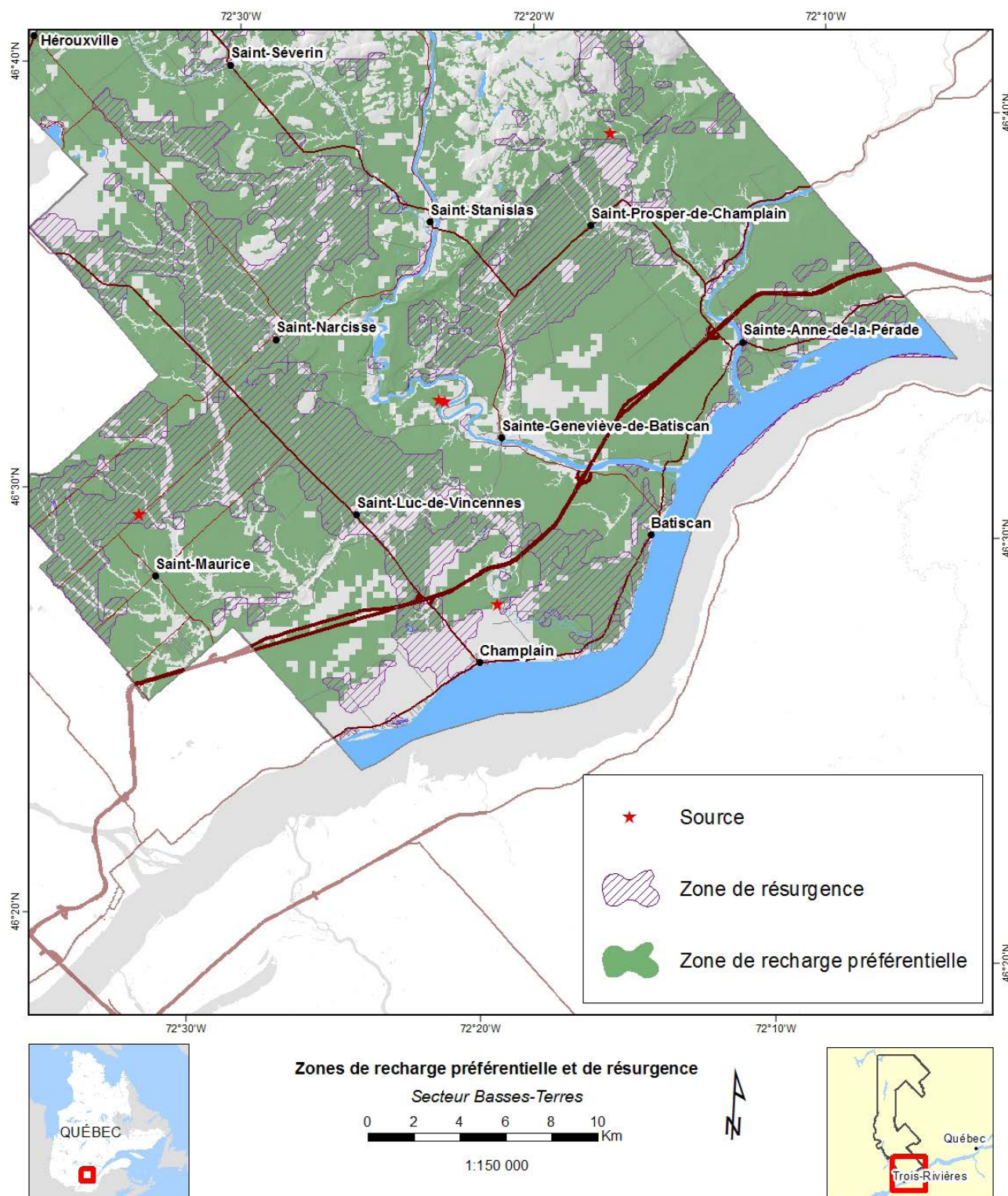
Secteur des Hautes-Terres



La recharge est plus élevée dans la vallée de la rivière Bostonnais que dans la vallée de la rivière Saint-Maurice.

Vrai ☐ Faux ☐

Secteur des Basses-Terres



La dominance des contextes F et G dans ce secteur explique la grande étendue de la zone de recharge préférentielle.

Vrai

☐

Faux

☐

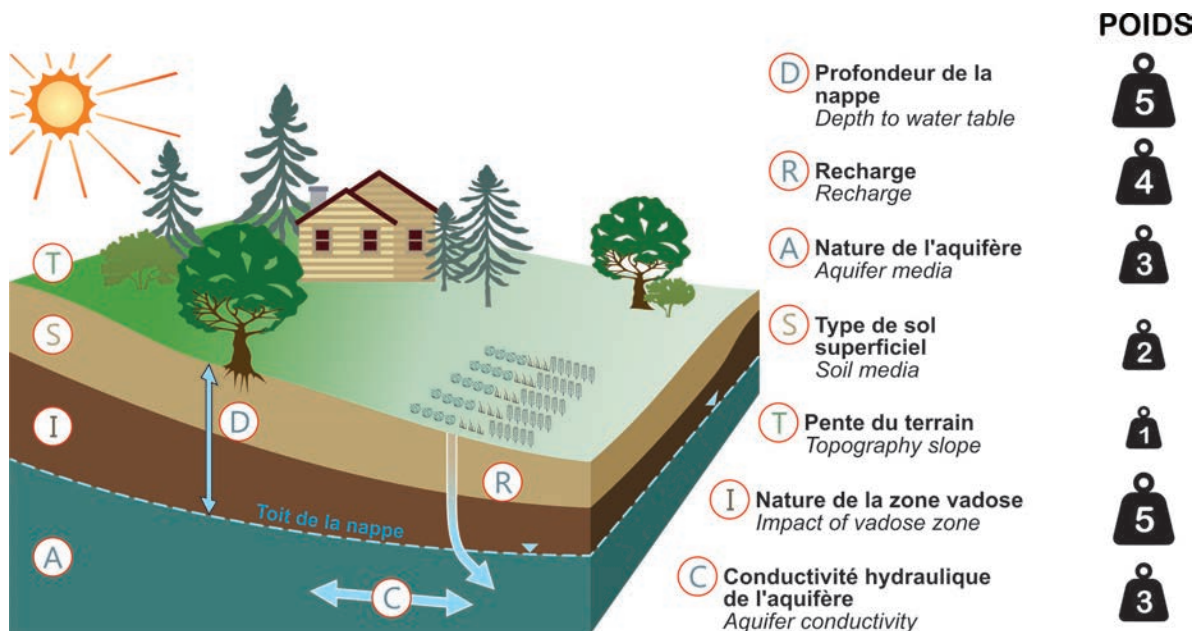
4- Vulnérabilité (Livrable #22)

Définition

La **VULNÉRABILITÉ** d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol. La carte de vulnérabilité permet d'intégrer un ensemble de propriétés hydrogéologiques de l'aquifère, intégrant ainsi les connaissances de la région en un indice pouvant servir d'outil pour la prise de décision en matière d'aménagement et de gestion du territoire en vue de prévenir une éventuelle contamination de l'eau souterraine par des activités anthropiques potentiellement polluantes.

Méthode

La vulnérabilité a été calculée par la méthode **DRASTIC** pour l'aquifère situé le plus près de la surface et sur des mailles de 250 m x 250 m., à partir de 7 paramètres physiques et hydrogéologiques:



Voici comment ces différents paramètres influencent l'indice DRASTIC:

- **D** : profondeur de la nappe (Depth) – plus la nappe est profonde, plus l'indice est faible;
- **R** : Recharge – plus la recharge est importante, plus l'indice est élevé;
- **A** : nature de l'Aquifère – plus l'aquifère est composé de matériel grossier donc perméable, plus l'indice est élevé;
- **S** : type de Sol – plus le sol est composé de matériel grossier donc perméable, plus l'indice est élevé;
- **T** : pente du terrain (Topography) – plus la pente est accentuée, plus l'indice est faible;
- **I** : Impact de la zone vadose – plus la zone non saturée est composée de matériel grossier, plus l'indice est élevé;
- **C** : Conductivité hydraulique de l'aquifère – plus la conductivité hydraulique est importante, plus l'indice est élevé.



Puisque les aquifères ayant une vulnérabilité faible sont peu sensibles à la pollution de l'eau souterraine à partir d'une contamination en surface, comment peuvent-ils être contaminés?



4- Vulnérabilité (Livrable #22)

L'indice DRASTIC peut varier de 23 à 226. Plus l'indice est élevé, plus l'aquifère est vulnérable à la contamination. Dans le cadre de la détermination des périmètres de protection des puits municipaux de catégorie 1, le MELCC ne considère que trois niveaux de vulnérabilité sur la base des indices DRASTIC :

- faible (indice inférieur ou égal à 100)
- moyen (indice supérieur à 100 et inférieur à 180)
- élevé (indice égal ou supérieur à 180)

Interprétation pour la région

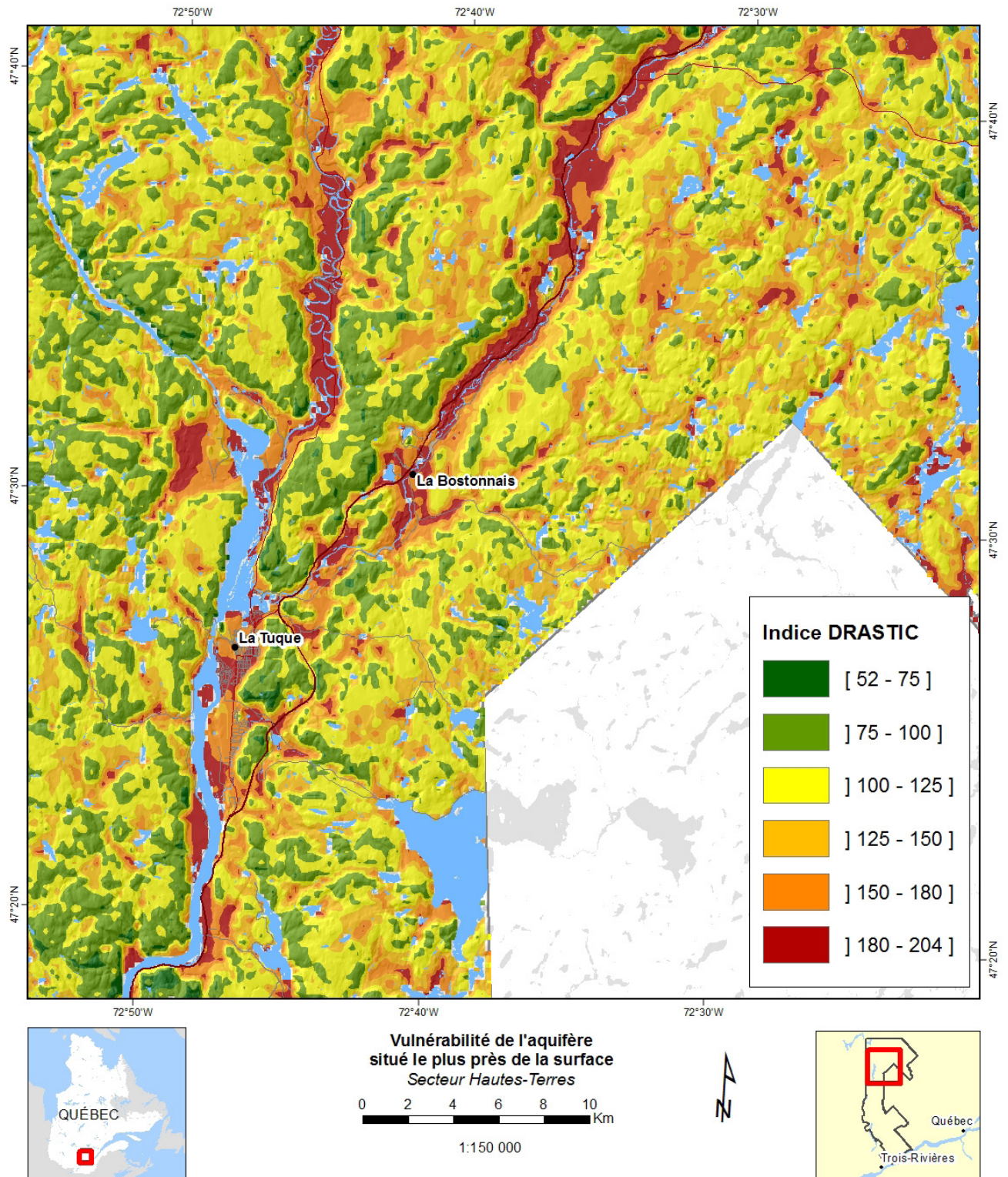
Comme le montre la méthode, plusieurs données sont combinées dans l'estimation de l'indice DRASTIC. Parmi ces données, on retrouve celles présentées précédemment dans le cadre de cette activité, à savoir la piézométrie et la recharge. À ces données s'ajoutent une autre donnée importante: les dépôts de surface. En observant cette carte, on constate que l'indice DRASTIC des Hautes-Terres présente des valeurs plus élevées dans les zones de basses élévations, majoritairement au fond des vallées. C'est vers ces endroits que s'écoulent naturellement les eaux souterraines (petite charge hydraulique et toit de la nappe proche de la surface), et que sont concentrées les dépôts de surface granulaires perméables (zones préférentielles d'infiltration et de recharge). Les valeurs les plus faibles de l'indice DRASTIC des Hautes-Terres se situent quant à elles dans des environnements de hautes élévations constitués généralement de roc peu perméable. Dans les Basses-Terres, l'indice DRASTIC estimé à l'échelle régionale est très élevé sur la majeure partie du territoire. Comme pour les cartes précédentes, la présence d'une couche de sable perméable en surface, combinée aux basses élévations et à la topographie relativement plane (et donc à la présence de la nappe d'eau proche de la surface) augmente grandement la vulnérabilité de la première nappe d'eau rencontrée.



Puisque les aquifères ayant une vulnérabilité faible sont peu sensibles à la pollution de l'eau souterraine à partir d'une contamination en surface, comment peuvent-ils être contaminés?



Secteur des Hautes-Terres



En général, les aquifères sont peu vulnérables à une contamination provenant de la surface dans les vallées.

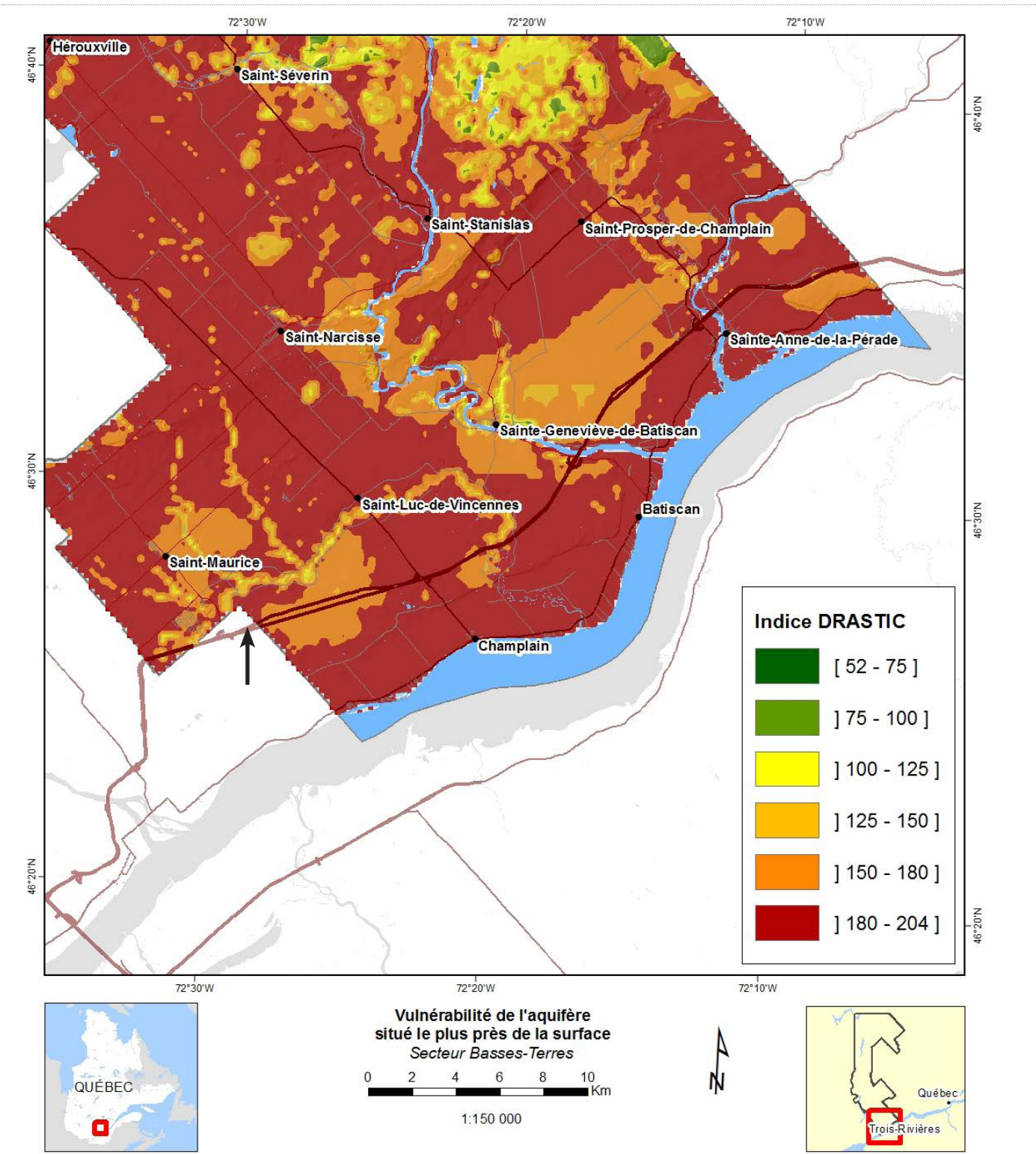
Vrai

☐

Faux

☐

Secteur des Basses-Terres



L'aquifère de roc fracturé est très vulnérable dans ce secteur.

Vrai ☐ Faux ☐

3

L'eau souterraine de notre territoire

Explication activité 3

Objectif



Comprendre le fonctionnement des aquifères de notre région

Déroulement



Les membres de l'équipe de recherche présentent les faits saillants des résultats du PACES Mauricie-Est en s'inspirant des questions suivantes:

1. Quelle est la nature des formations géologiques qui contiennent l'eau souterraine?
2. D'où vient l'eau souterraine et où va-t-elle?
3. Est-elle potable et quels usages pouvons-nous en faire?
4. Quelles sont les quantités exploitées et exploitables ?
5. Est-elle vulnérable aux activités humaines?
6. Quels sont les principales menaces et les principaux enjeux pour assurer une protection et une gestion durable de l'eau souterraine dans la région ?

+



Les participants posent leurs questions dans le clavardage.

+

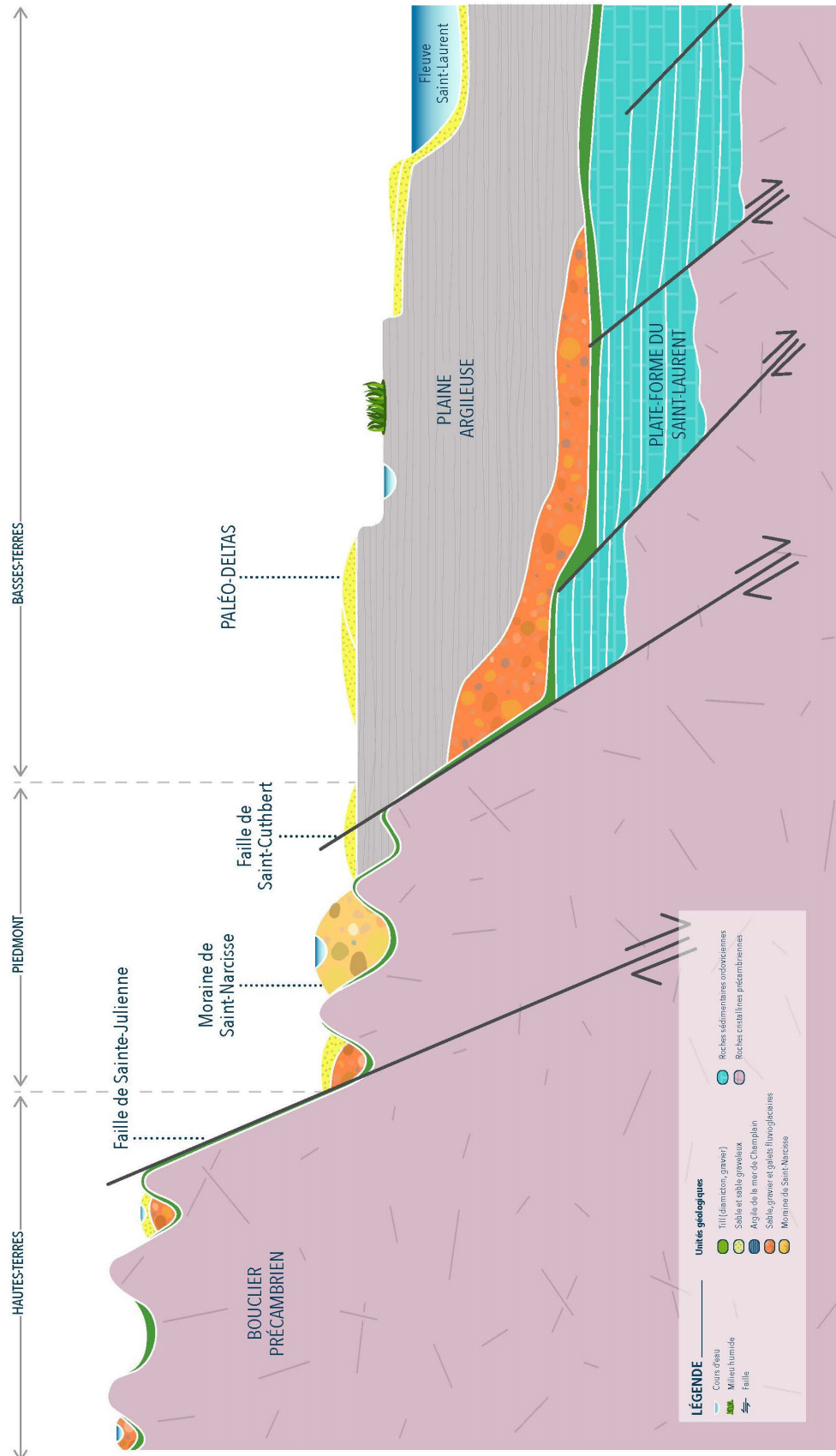
OU



Les participants lèvent la main pour poser leurs questions au micro.

Coupe synthèse conceptuelle

La coupe ci-dessous servira de support à la présentation de l'équipe de recherche.



JOUR 2

4

Synthèse des notions appprises

Explication activité 4

Objectif



Apprendre à lire et à interpréter les résultats PACES de notre région pour répondre à des enjeux de protection et de gestion de l'eau souterraine

Déroulement



Les participants travaillent en sous-groupes et répondent à une des deux questions d'aménagement du territoire en faisant une lecture transversale des cartes des notions apprises et en utilisant les cartes de l'occupation du sol et de l'affectation territoire.

Question 1 : Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

OU

Question 2 : Quelles sont les zones plus propices à l'implantation d'une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines?

+



Les participants partagent leurs résultats avec tous les participants et discutent avec l'équipe de recherche.

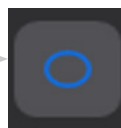
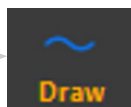
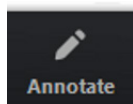
Exercice de synthèse

Consignes

Vous êtes dans une salle virtuelle avec d'autres participants (environ 4-5 participants) selon une division préétablie par les organisatrices en fonction de votre territoire d'action, dans la mesure du possible. Vous devez répondre à une des deux questions d'aménagement du territoire (voir p. 45).

Une fois dans votre salle virtuelle:

1. Présentez-vous;
2. Identifiez un porte-parole responsable de prendre des notes et de retranscrire les résultats sur la carte;
3. Consultez les cartes de votre secteur;
4. Pour chaque notion (carte), déterminez les critères sur lesquels vous vous basez pour localiser les zones qui répondent à votre question d'aménagement (*référez-vous aux légendes des cartes*);
5. Inscrivez vos critères dans le tableau de la page ci-contre;
6. Encerclez de façon approximative les zones qui répondent à l'ensemble de vos critères sur une des cartes de votre secteur (n'importe laquelle);
7. De retour en grand groupe, les porte-paroles encerclent les zones ciblées avec les outils d'annotation de Zoom;



10 min.

35 min.

30 min.

8. Les zones ciblées sont ensuite discutées et comparées avec les résultats de l'équipe de recherche pour chaque question dans chaque secteur.

Important

Conservez votre carte avec le résultat des zones ciblées, elle constitue votre étude de cas pour l'élaboration d'une stratégie de protection et de gestion des eaux souterraines de l'activité 5.

Interpréter les cartes pour répondre à une question en aménagement

Question 1 : Quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

OU

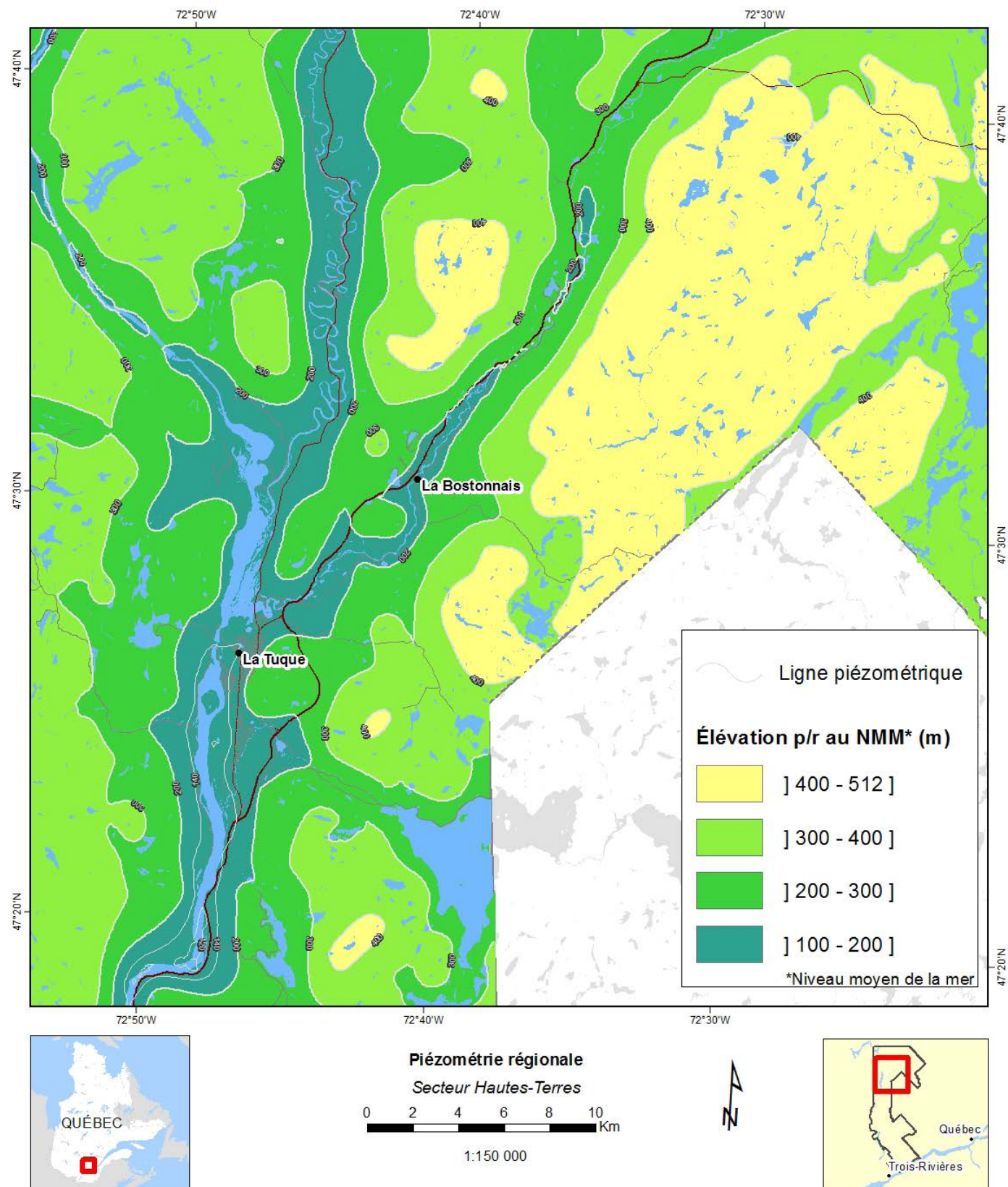
Question 2 : Quelles sont les zones plus propices à l'implantation d'une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines?

Votre secteur: _____

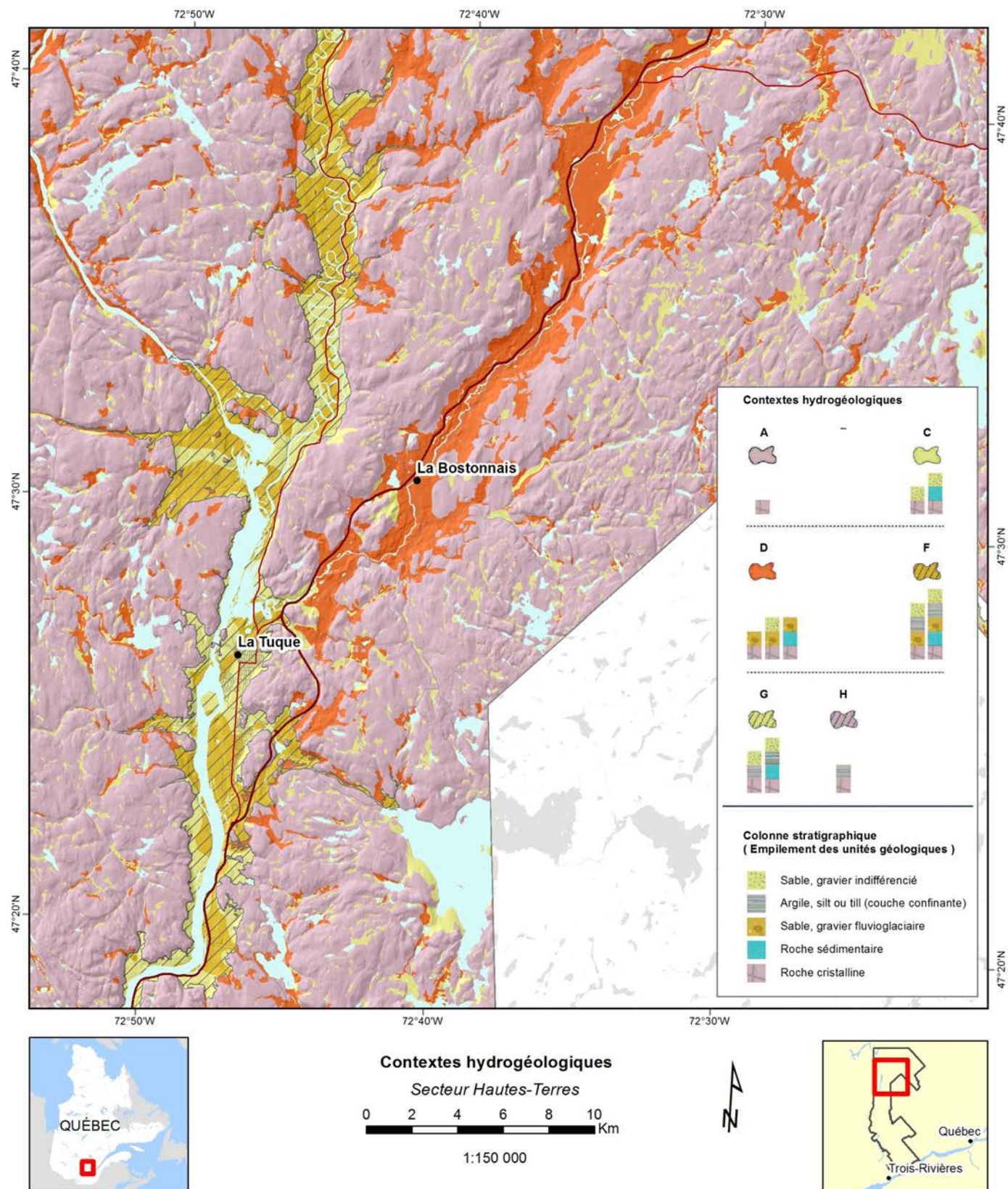
Cartographie	Critères
Piézométrie	
Contextes hydrogéologiques	
Recharge préférentielle et résurgence	
Vulnérabilité	
Utilisation du sol	
Affectation du territoire	
Autres considérations (ex. économique, politique)	

SECTEUR DES HAUTES-TERRES

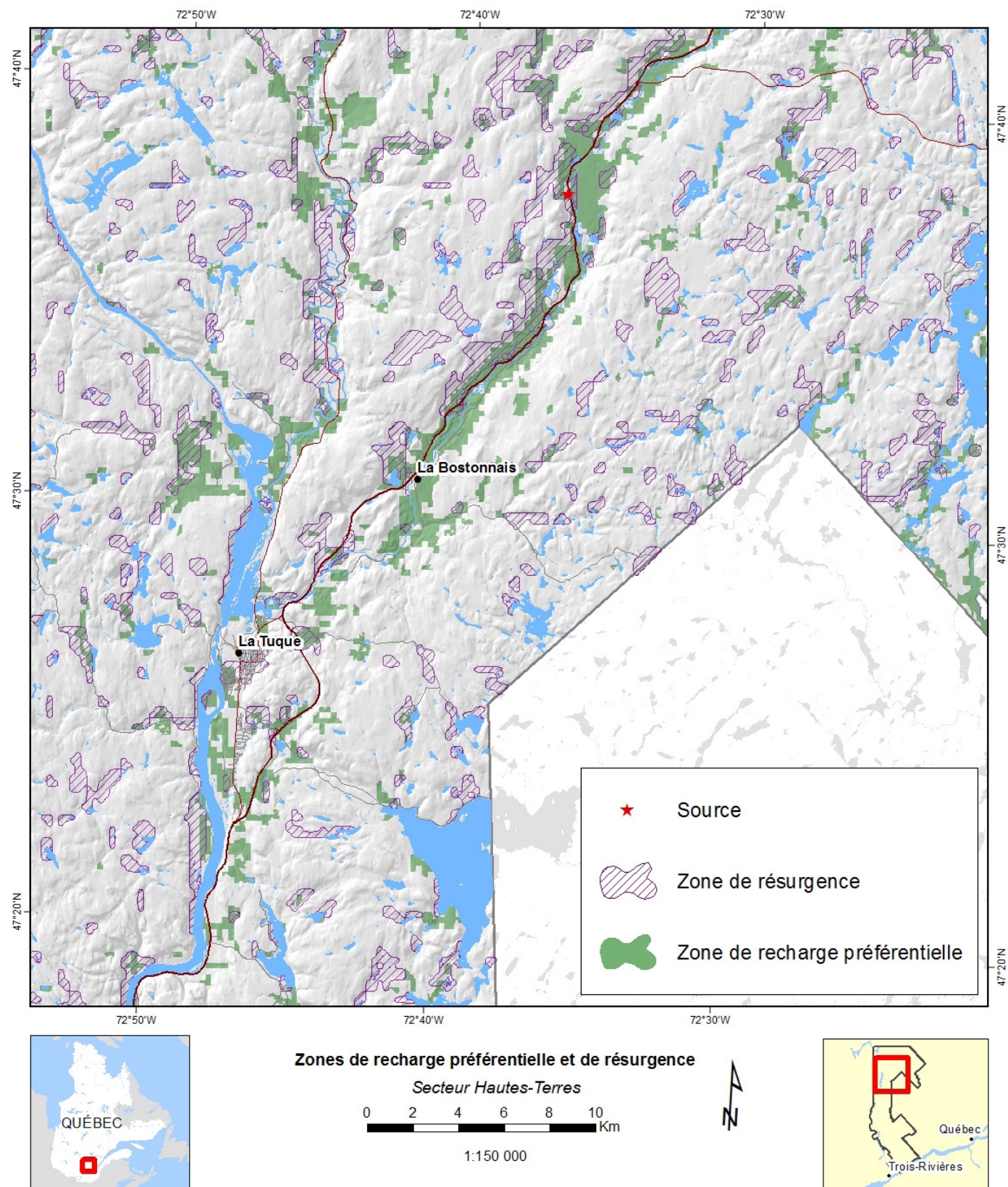
Secteur des Hautes-Terres: Piézométrie



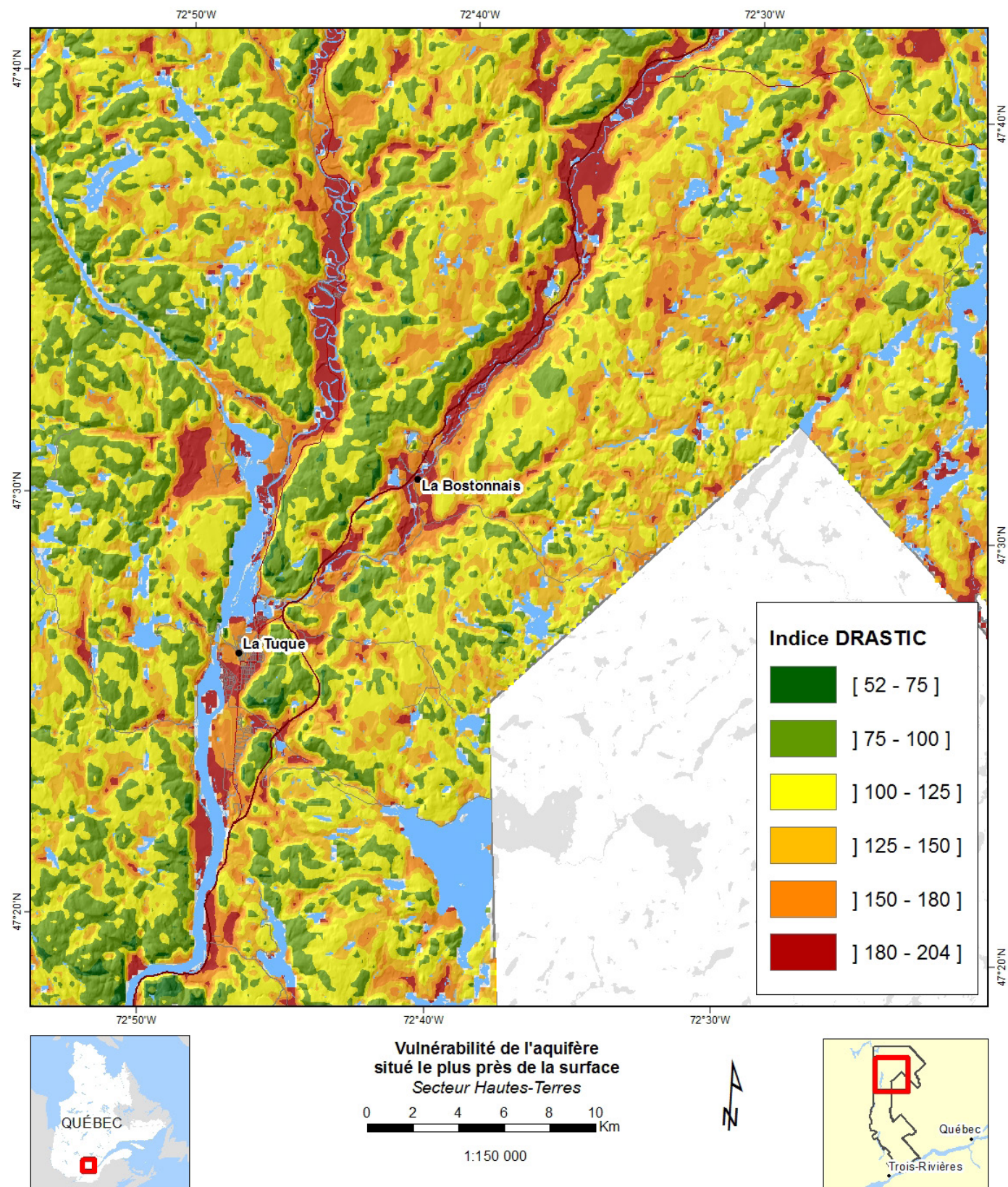
Secteur des Hautes-Terres: Contextes hydrogéologiques



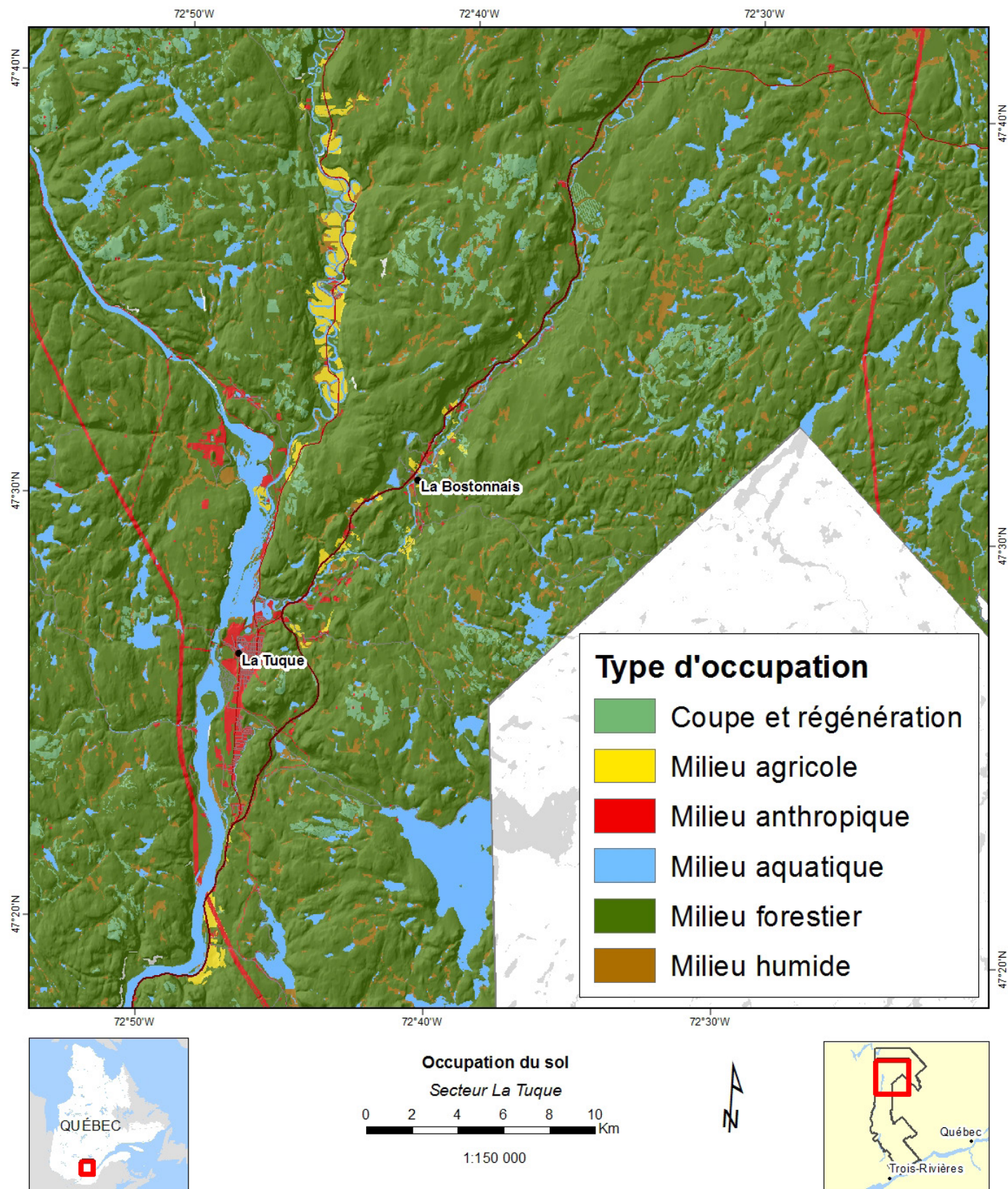
Secteur des Hautes-Terres: Recharge



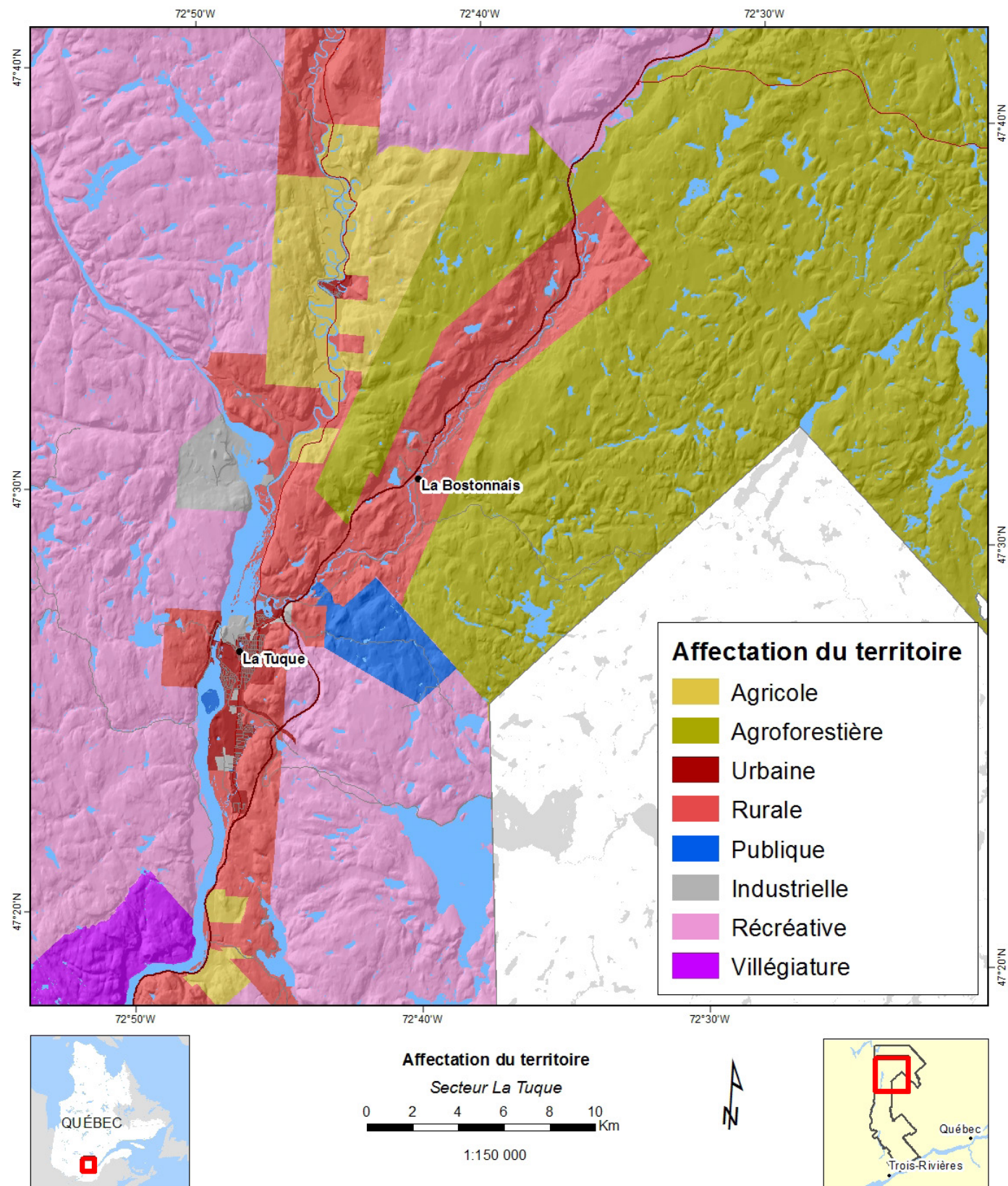
Secteur des Hautes-Terres: Vulnérabilité



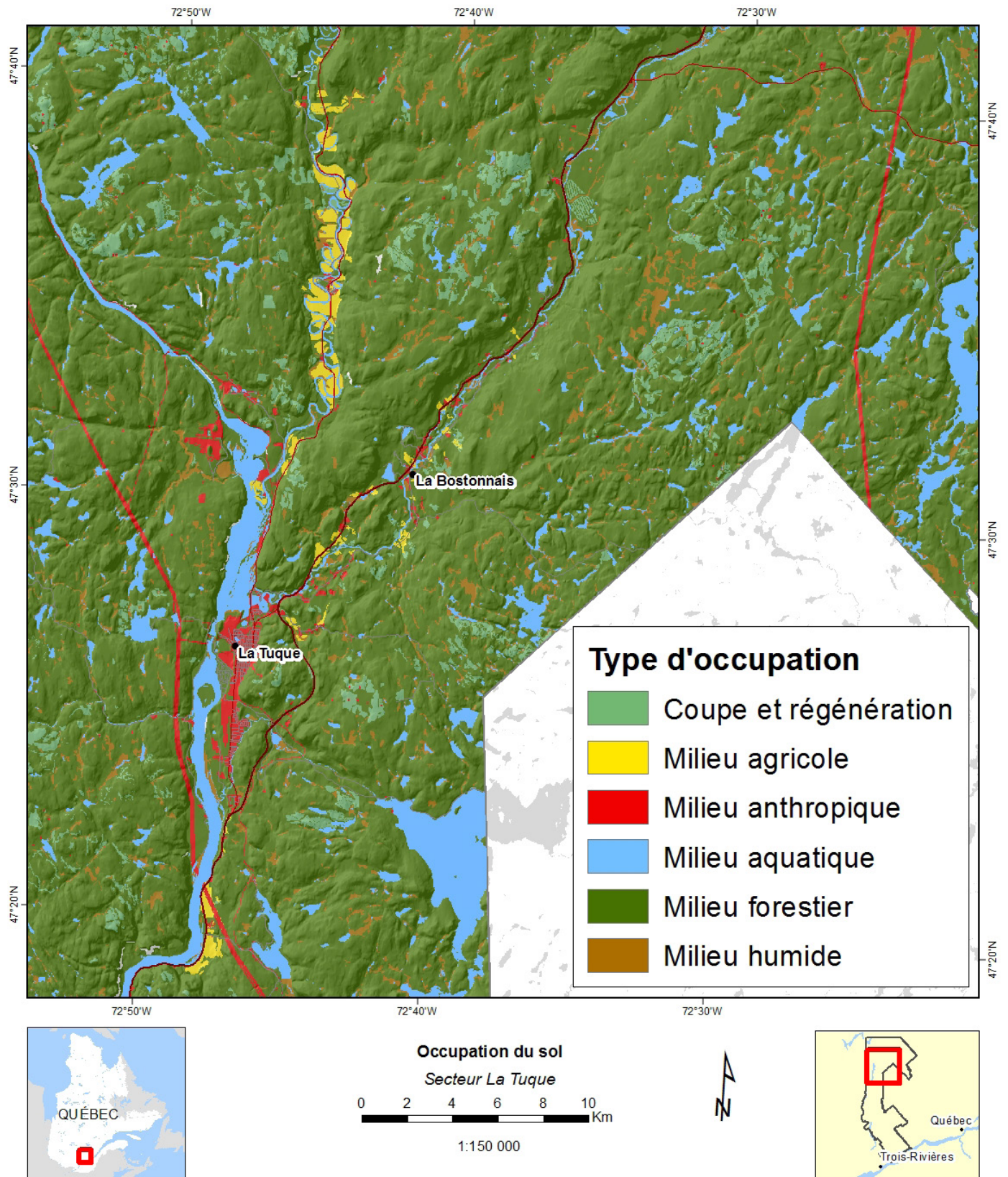
Secteur des Hautes-Terres: Occupation du sol



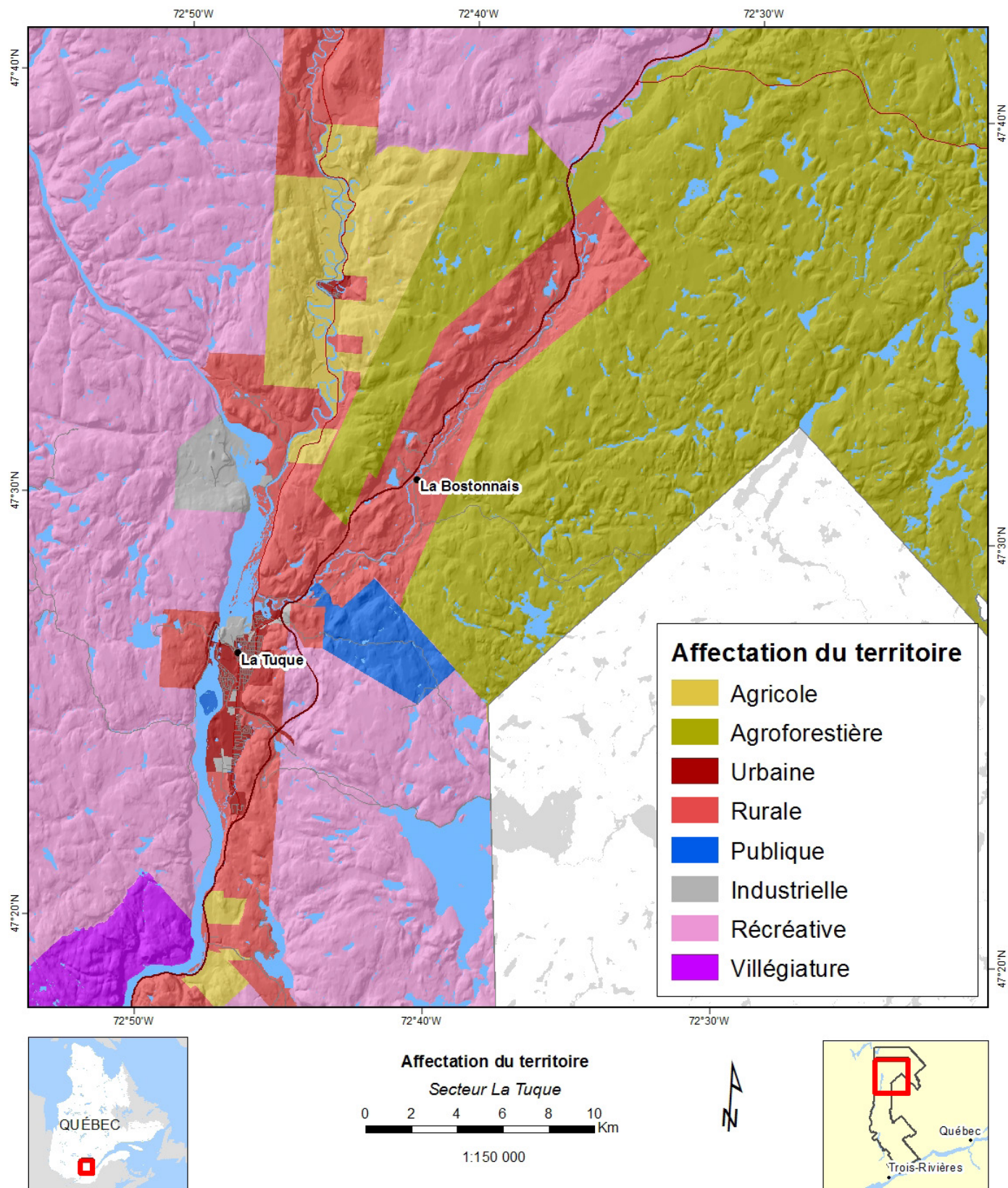
Secteur des Hautes-Terres: Affectation du territoire



Secteur des Hautes-Terres: Occupation du sol

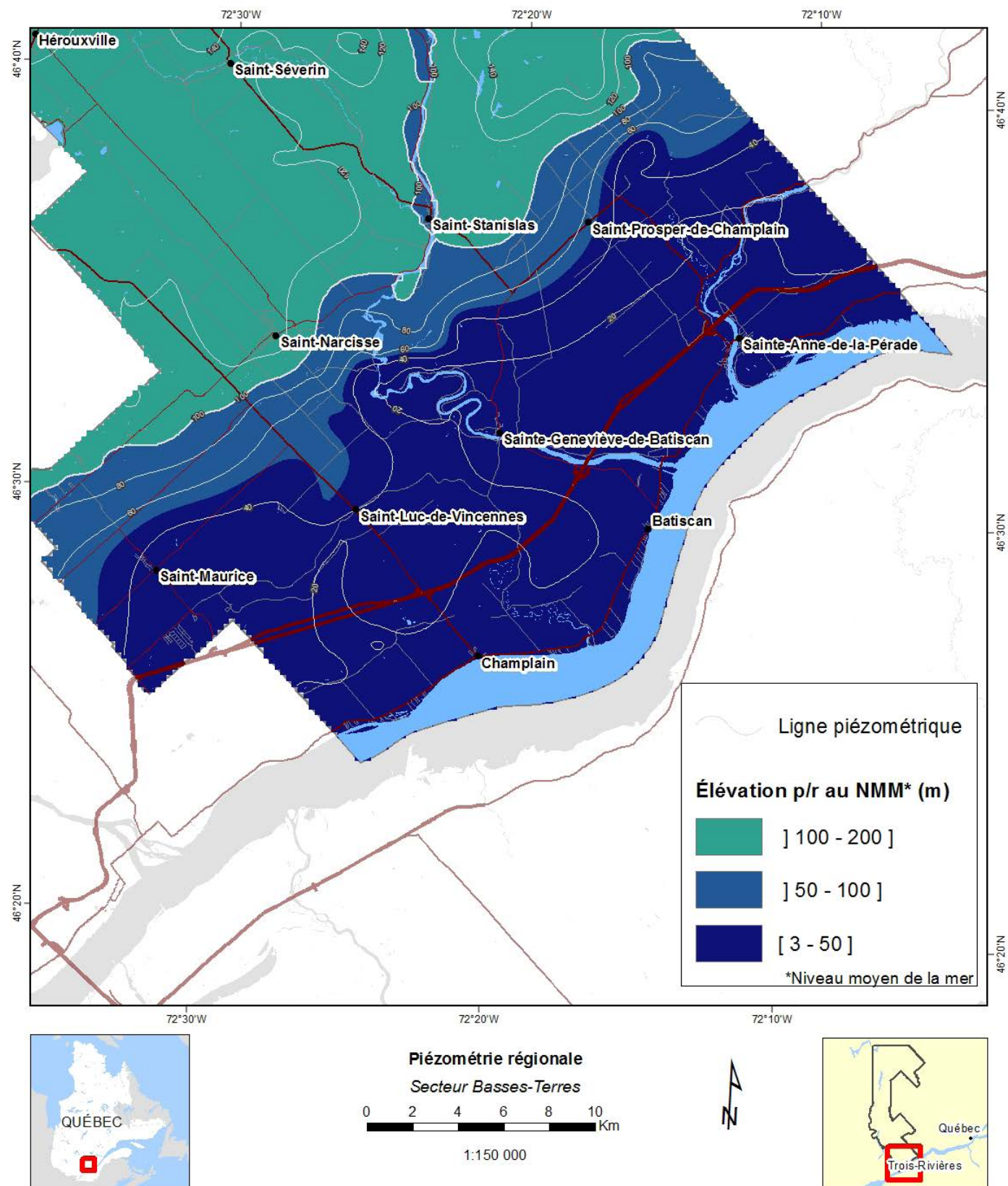


Secteur des Hautes-Terres: Affectation du territoire

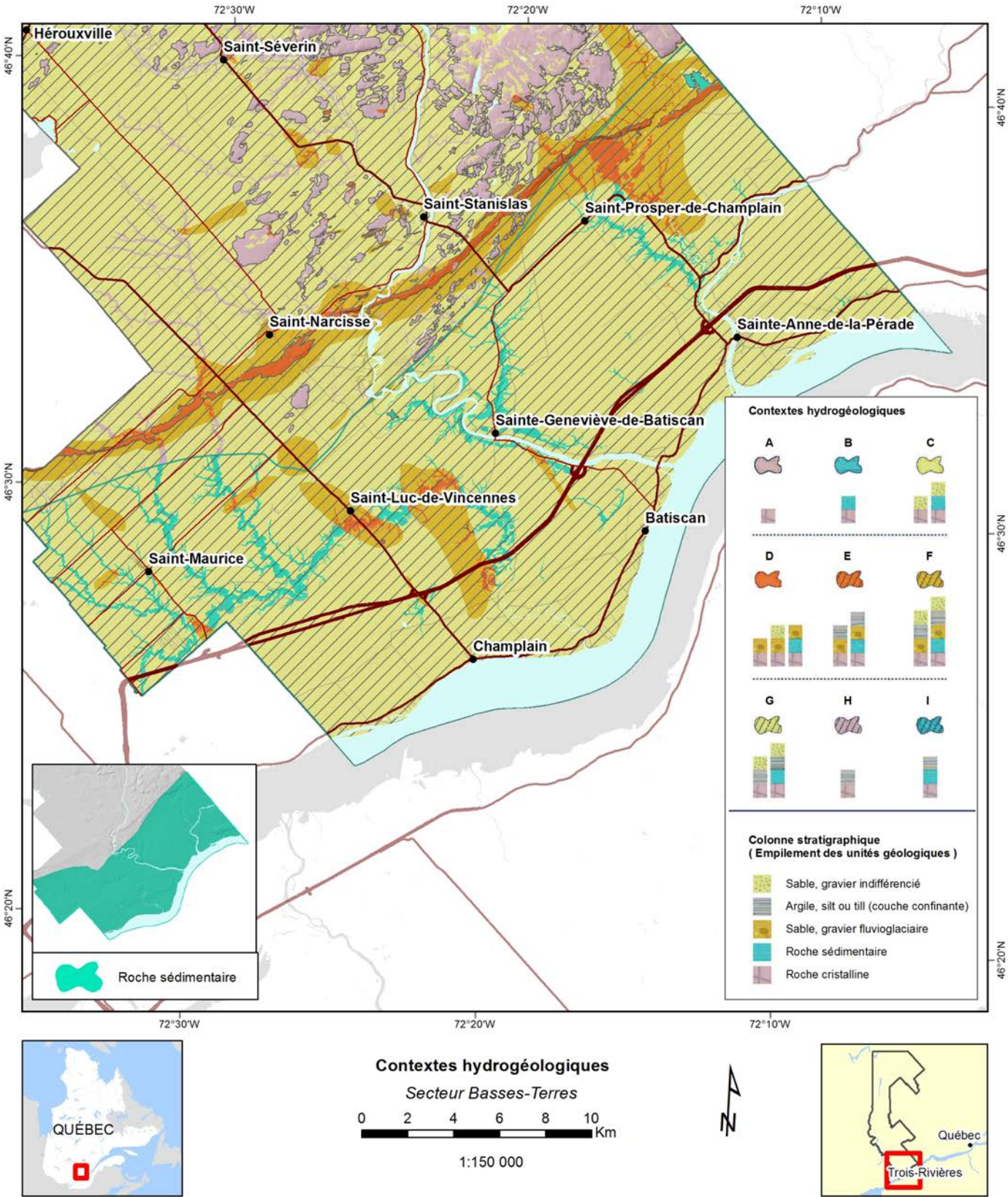


SECTEUR DES BASSES-TERRES

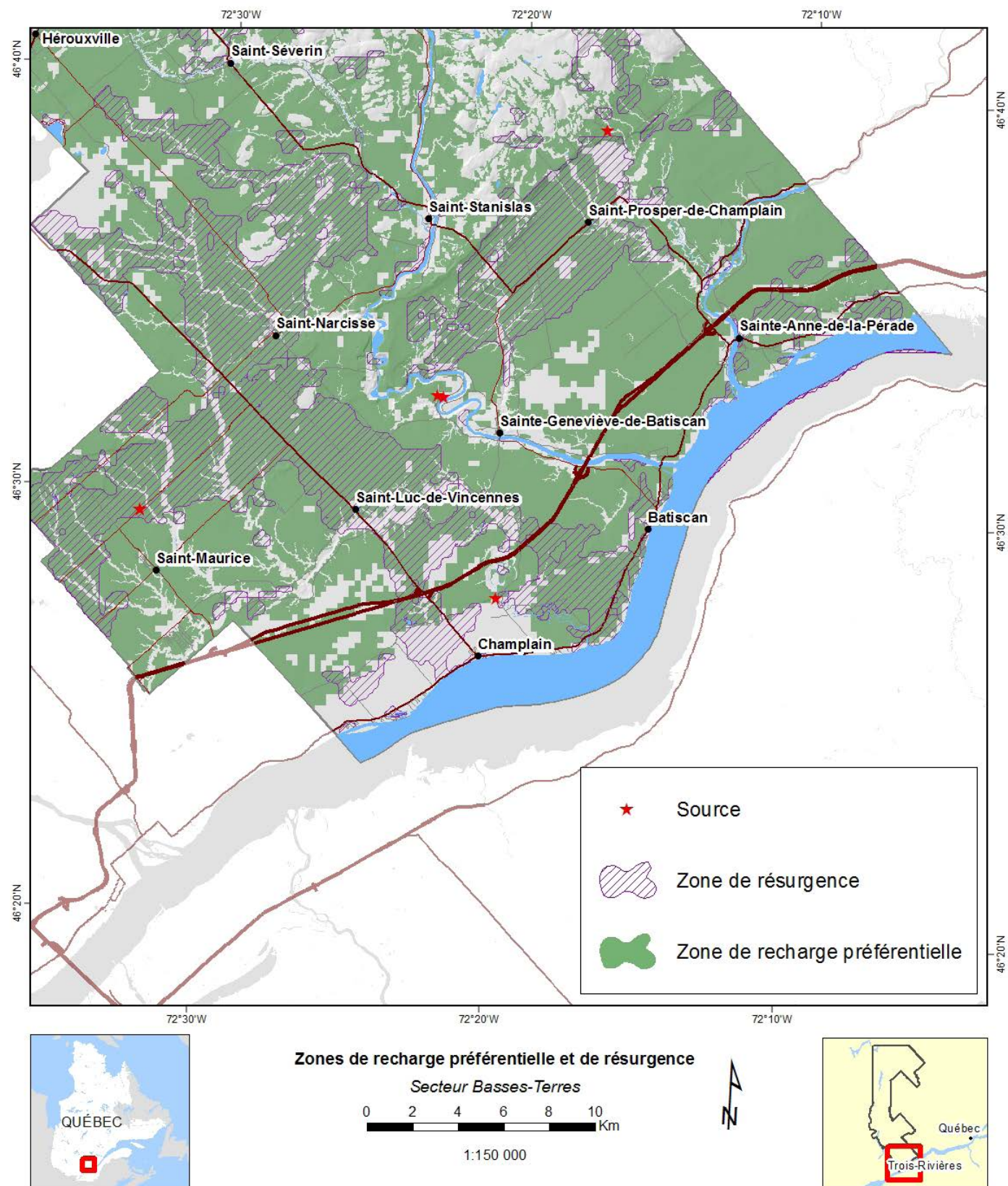
Secteur des Basses-Terres: Piézométrie



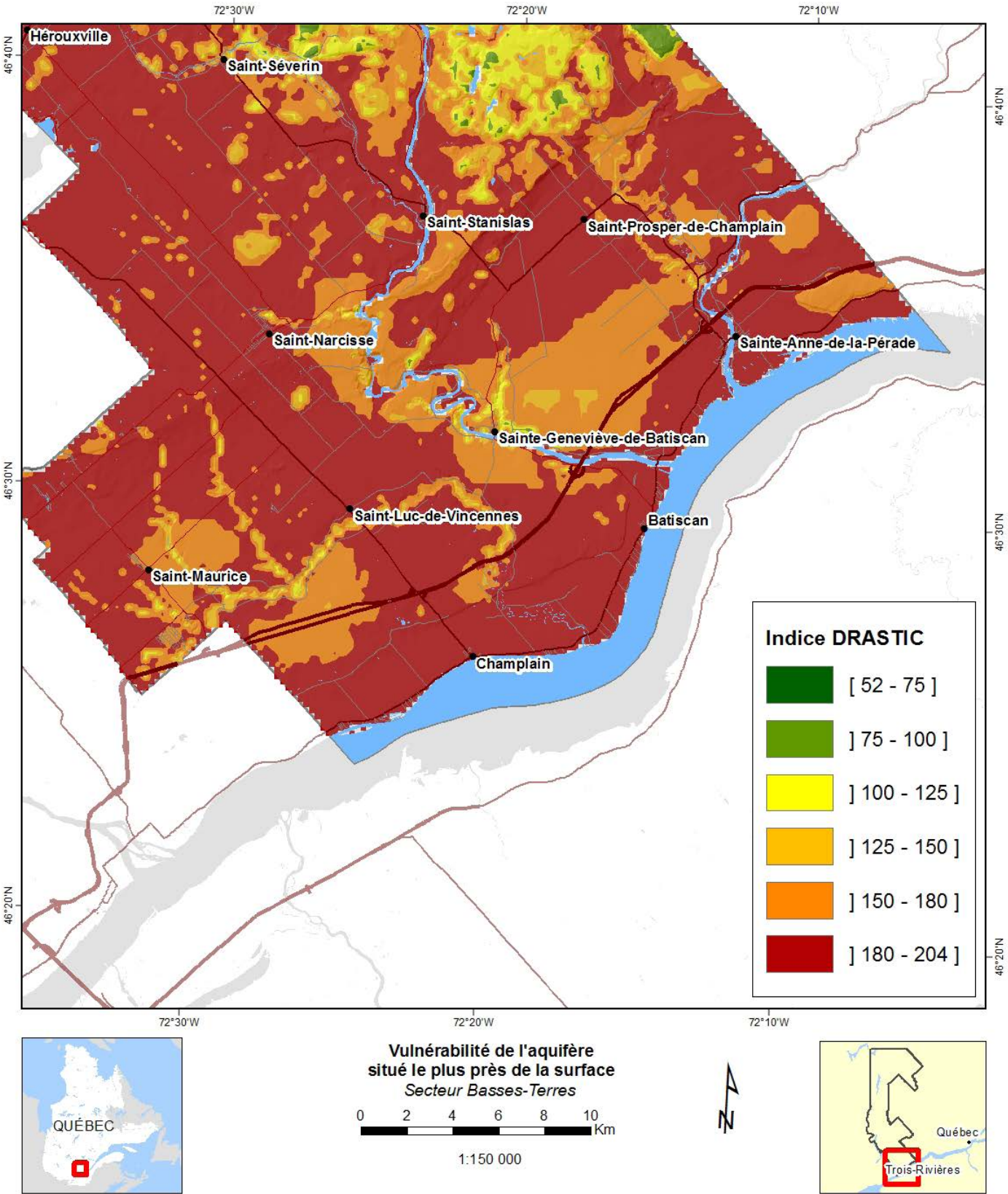
Secteur des Basses-Terres: Contextes hydrogéologiques



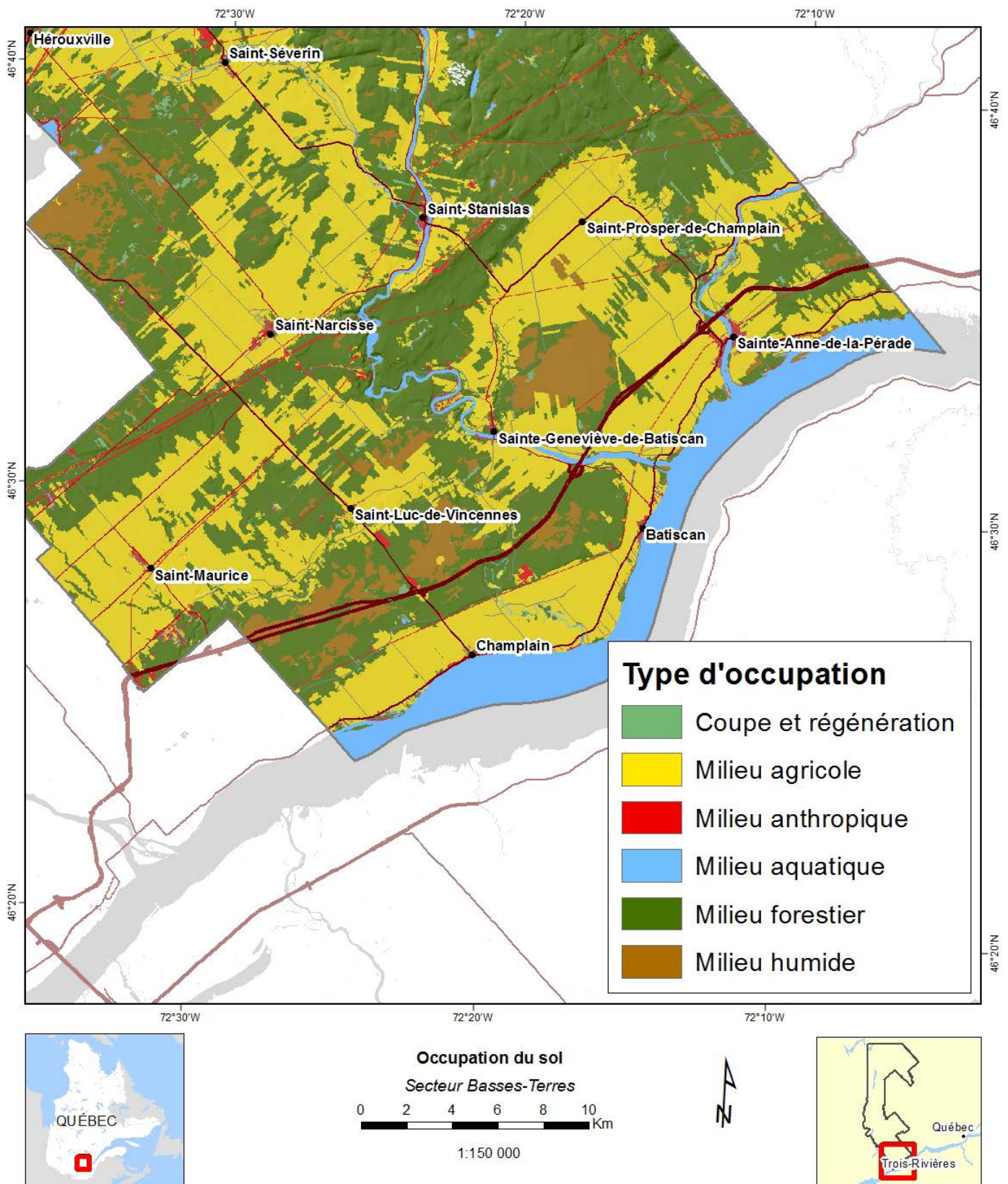
Secteur des Basses-Terres: Recharge



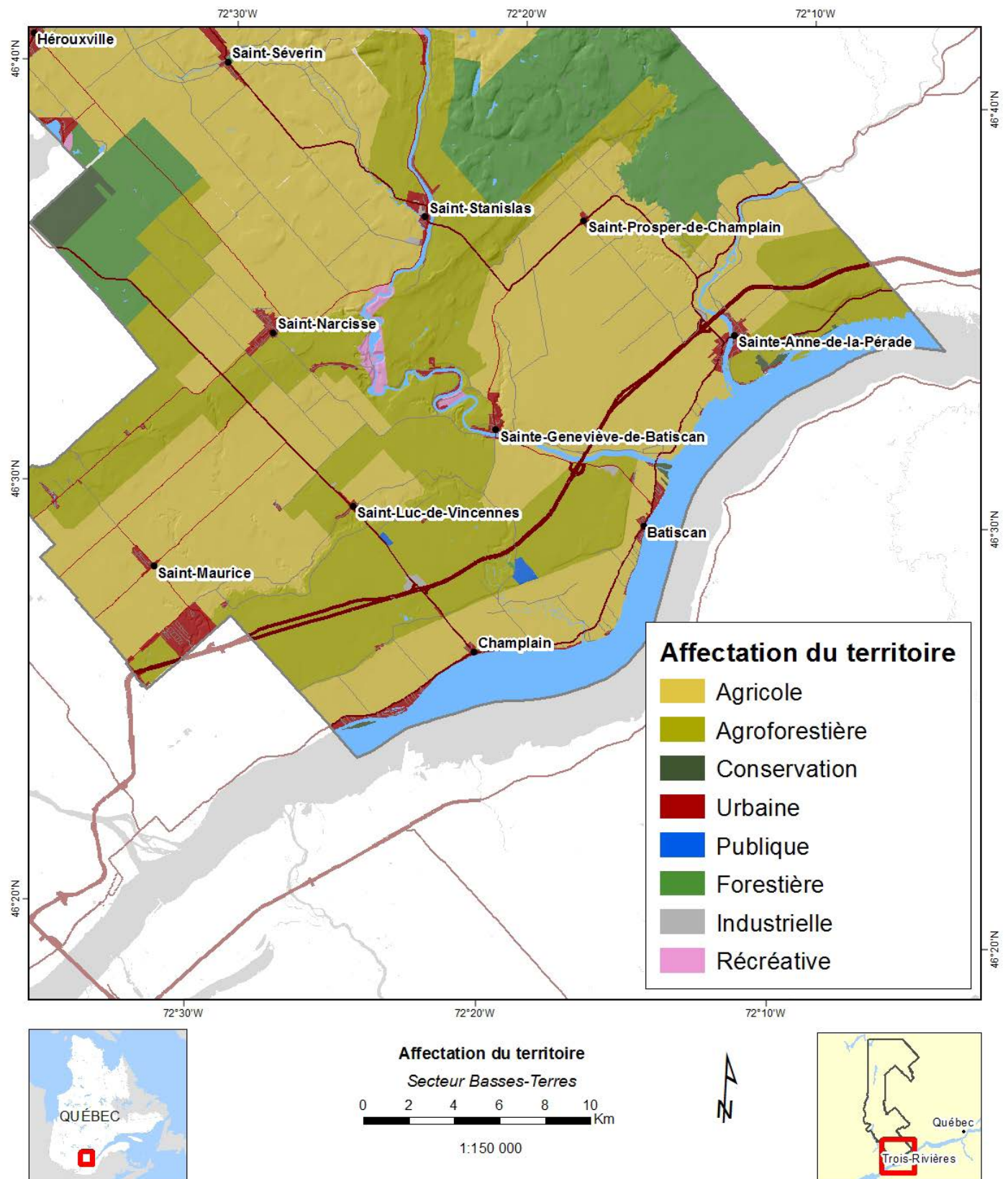
Secteur des Basses-Terres: Vulnérabilité



Secteur des Basses-Terres: Occupation du sol



Secteur des Basses-Terres: Affectation du territoire



5

Élaborer une stratégie de protection et de gestion des eaux souterraines

Explication activité 5

Objectif



Élaborer une stratégie d'action pour répondre à un enjeu de protection et de gestion des eaux souterraines (PGES)

Déroulement



Présentation des différents types de mesures de PGES et exemples.

Retour sur les mesures de PGES identifiées à l'atelier 2.

+



En sous-groupes, les participants imaginent une stratégie d'action pour répondre à un enjeu de PGES sur une partie du territoire en mobilisant différentes mesures (volontaires, incitatives, etc.). Un gabarit est prévu pour guider les participants.

+



Un porte-parole par sous-groupe vient «vendre» sa stratégie en 3 minutes au reste du groupe.

Des mesures multiples et complémentaires



MESURES RÉGLEMENTAIRES

DÉFINITION

Édition de normes opposables aux citoyens ou aux entreprises pour le contrôle des activités humaines

EXEMPLES

- Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP)
- Règlement sur les carrières et les sablières
- Document complémentaire des schémas d'aménagement et de développement
- Règlement de zonage
- Etc.



MESURES NON RÉGLEMENTAIRES



Mesures de planification et de concertation

DÉFINITION

Stratégies, plans de gestion, plan d'action qui définissent des orientations à travers une concertation entre acteurs

EXEMPLES

- Schéma d'aménagement et de développement et son plan d'action
- Plan directeur de l'eau



Mesures volontaires

Encouragent des changements de pratiques sur une base volontaire

- Campagne de sensibilisation sur l'économie d'eau potable



Mesures incitatives

Mesures économiques qui activent un changement de pratiques, une autre manière d'aménager.

- Prime Vert (MAPAQ)
- Redevances sur l'eau
- Remboursement de taxes foncières



Mesures de suivi

DÉFINITION

Suivi de paramètres indicateurs dans le temps

EXEMPLES

- suivi des nitrates
- suivi des niveaux d'eau



Mesures d'urgence

Rôles, pratiques et procédures en cas de déversement accidentel, d'inondations, de pénuries d'eau, etc.

- Protocoles d'intervention



Mesures d'acquisition de connaissances

Formation du personnel, étude sur des enjeux spécifiques

- utilisation des données du PACES pour la prise de décisions
- étude sur le rôle des milieux humides, les zones à surveiller

Les enjeux de protection et de gestion des eaux souterraines

Mise en situation

Vous formez un comité de travail responsable de protéger et d'assurer une gestion durable des eaux souterraines de votre territoire. Vous êtes reconnus pour être créatifs et innovants.

Vous devez élaborer une stratégie d'actions afin de répondre à un des enjeux ci-dessous et le présenter au conseil des maires de la MRC. Ces recommandations serviront également pour la mise à jour du SAD et des usages permis dans les différentes affectations.

En vous basant sur les résultats de l'activité 4, sur les capacités et expertises de votre comité (membres de votre sous-groupe) et sur les mesures existantes (ou non), vous élaborerez le squelette de votre stratégie lors d'une première rencontre.

Enjeu 1 : Protéger une zone de recharge

Choisissez une ou des zones de recharge à protéger et moduler les activités qui y sont permises à l'aide des différents types de mesures.

- *Quelles zones allez-vous protéger en priorité?*
- *De quelle façon allez-vous procéder?*
- *Quels seront les impacts?*

Enjeu 2 : Implanter une activité polluante

Choisissez une zone pour implanter une nouvelle activité potentiellement polluante et définissez des actions pour diminuer les risques à l'aide des différents types de mesures.

- *Quelles zones sont les plus propices pour implanter cette activité ?*
- *Quels seront les impacts ?*
- *Quelles sont les mesures qui permettent de minimiser ces impacts ?*

Élaborer une stratégie de PGES

Consignes

1. En sous-groupes, imaginez votre projet (remue-méninges).

10 min.

2. Complétez le gabarit de projet en remplissant les questions A à E sur la plateforme partagée.

Utilisez la carte du résultat de l'activité 4 ainsi que les cartes de l'occupation du sol et de l'affectation du territoire de votre secteur (p.53-54 et 60-61).

45 min.

3. De retour en grand groupe, vous avez 3 minutes pour présenter votre projet/ idée/mesure. Choisissez un porte-parole.

3 min.

Soyez créatifs, innovants et n'ayez pas peur de proposer des nouvelles choses !

Le gabarit

A

VOTRE ENJEU (zone de recharge ou activité polluante)

Quel est le problème ? Décrivez la situation.

Exemples pour l'enjeu **zone de recharge** :

1. Est-ce que l'étalement urbain empiète sur la zone de recharge (imperméabilisation de la zone de recharge) ?
2. Est-ce que le développement urbain futur ou les activités actuelles menacent les quantités d'eau disponibles (la demande est trop grande par rapport au taux de renouvellement) ?
3. Est-ce que la zone de recharge à protéger dépasse les limites administratives (MRC, municipalité) ?
4. Est-ce que des activités potentiellement polluantes se trouvent sur la zone de recharge?
5. Est-ce que l'affectation du territoire et les usages permis est en conflit avec la protection de la zone de recharge?

Exemples pour l'enjeu **activité polluante** :

1. Est-ce que l'activité menace la qualité de l'eau ?
2. Est-ce que l'activité consomme beaucoup d'eau ou amène des conflits d'usage?
3. Est-ce que l'activité nécessite un plan de mesures d'urgence ?

B

VOTRE PROJET

En lien avec le problème identifié, quelle(s) solutions pourriez-vous apporter?

Donnez un titre à votre projet. Soyez créatif !

Décrivez votre projet en une phrase (quel est l'objectif principal?).

C

LES ACTIONS ET LES MESURES

Quelles sont les trois premières actions à mettre en place pour démarrer votre projet ?

Quels types de mesures allez-vous mobiliser ?

Les types de mesures



Réglementaires



Planification et concertation



Volontaires



Incitatives



Suivi



Urgences



Acquisition de connaissances

Vos actions

D

LE FONCTIONNEMENT DE VOTRE PROJET

Comment allez-vous mettre en oeuvre vos actions (qui fait quoi? quel financement?)

E

UN BOND DANS LE FUTUR

Nous sommes en 2032, quels sont les éléments importants de votre projet qui ont assuré sa réussite?

Témoignage d'une mairesse satisfaite ou d'un maire satisfait du projet.

Exemple

A VOTRE ENJEU (zone de recharge)

Situation : Le haut pays agroforestier constitue la zone de recharge pour toute la zone côtière: le renouvellement des sources d'eau potable souterraines des municipalités localisées le long du fleuve dépend donc de ce qui se passe dans les municipalités situées en amont. Certaines activités pourraient avoir un impact sur la recharge.

B VOTRE PROJET

Solution : Créer une table de concertation régionale sur l'enjeu de la recharge.

Titre : L'EAUASIS

Objectif: Développer une stratégie de protection de la zone de recharge du haut pays forestier.

C LES ACTIONS ET LES MESURES



Règlementation: Limiter la superficie des coupes forestières et retirer les permis de drainage



Planification et concertation: Former un comité de vigilance pour la protection du territoire



Volontaires (sensibilisation): Identifier clairement les zones de recharges sur les plans d'aménagement (info-sol)



Acquisition de connaissances: Faire une étude de vulnérabilité de la zone de recharge (identification des activités pouvant impacter la recharge)

D LE FONCTIONNEMENT DE VOTRE PROJET

Les deux MRC touchées par le territoire à protéger sont responsables du projet. Elles financent le projet, en plus d'une subvention du MELCC. L'OBV de la région coordonne le projet et assure la concertation entre tous les acteurs concernés. Les actions identifiées par la table de concertation sont intégrées dans le PDE de l'OBV et le SAD des MRC.

E UN BON DANS LE FUTUR

La clé du succès: L'implication de tous les acteurs concernés dans l'identification et la mise en oeuvre des actions.

" Avec ce projet, on a réussi à trouver un bel équilibre entre la protection de nos sources d'eau potable et le développement du territoire! J'en suis très fier! "

ANNEXE: Liste des livrables PACES

1. Topographie
2. Routes, limites municipales et toponymie
3. Modèle altimétrique numérique (MAN)
4. Pente du sol
5. Hydrographie
6. Limites de bassins et de sous-bassins
7. Occupation du sol
8. Couverture végétale
9. Milieux humides (zones d'intérêt écologique)
10. Affectation du territoire
11. Pédologie
12. Géologie du Quaternaire
13. Géologie du roc
14. Coupes stratigraphiques et hydrostratigraphiques
15. Épaisseur des dépôts meubles
16. Topographie du roc
17. Contextes hydrogéologiques (conditions de confinement)
18. Épaisseurs et limites des aquifères régionaux et contextes hydrostratigraphiques
19. Piézométrie dans les formations superficielles
20. Piézométrie dans le roc
21. Paramètres hydrogéologiques – base de données ou cartes (K, T, S, porosité, etc.)
22. Vulnérabilité des aquifères selon la méthode DRASTIC (couche synthèse + couches de chacune des composantes de l'indice)
23. Qualité (critères eau potable)
24. Qualité (objectifs esthétiques)
25. Utilisation de l'eau
26. Emplacement des stations météorologiques, hydrométriques et de suivi de la nappe
27. Zones de recharge préférentielles et de résurgence
28. Délimitation de la zone d'étude
29. Données ponctuelles utilisées pour la réalisation des différents livrables.

**Les partenaires du 3^e atelier de transfert et d'échange
des connaissances sur les eaux souterraines du RQES:**



Grâce au support financier de :

