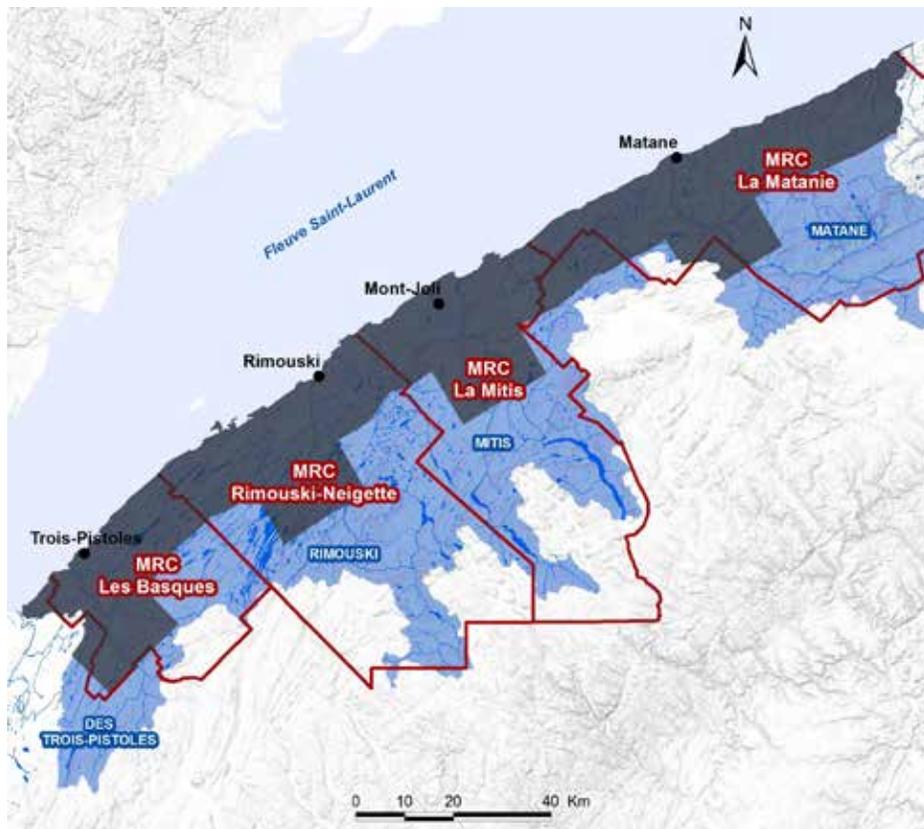


ATELIER A

Familiarisation avec les connaissances hydrogéologiques

Nord-est du Bas-Saint-Laurent



CAHIER DU PARTICIPANT

Avril 2017

Cet atelier de transfert des connaissances issues du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du nord-est du Bas-Saint-Laurent (PACES-NEBSL) est rendu possible grâce au financement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Il est le résultat d'un travail conjoint entre le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES), l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) et la Chaire de recherche Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) en écologie du paysage et aménagement :

- Thomas Buffin-Bélanger, professeur, UQAR, co-coordonnateur du PACES-NEBSL
- Gwénaëlle Chaillou, professeure, UQAR, co-coordonnatrice du PACES-NEBSL
- Maud Touchette, chargée de projet, UQAR, équipe de recherche du PACES-NEBSL
- Yohann Tremblay, agent de transfert du RQES, préparation et animation de l'atelier
- Miryane Ferlatte, coordonnatrice scientifique du RQES, organisation et animation de l'atelier
- Anne-Marie Decelles, agente de transfert du RQES, animation de l'atelier
- Julie Ruiz, professeure et titulaire de la Chaire de recherche UQTR en écologie du paysage et aménagement, conception de l'atelier

Références à citer

L'ensemble des informations hydrogéologiques provient du rapport final du PACES-NEBSL et des cartes associées. Ces documents doivent être cités comme suit :

Buffin-Bélanger, T., Chaillou, G., Cloutier, C-A., Touchette, M., Hétu, B. et McCormack, R. 2015. Programme d'acquisition de connaissance sur les eaux souterraines du nord-est du Bas-Saint-Laurent (PACES-NEBSL) : Rapport final. 199p.

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-NEBSL :

Tremblay, Y., Ruiz, J. et Cloutier, C-A. 2017. Familiarisation avec les connaissances hydrogéologiques du nord-est du Bas-Saint-Laurent, cahier du participant. Document préparé par le RQES, avec la contribution de l'UQAR et de l'UQTR, pour les acteurs de l'aménagement du territoire.



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 MDDELCC 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 : rqes.ca

L'Université du Québec à Rimouski

L'Université du Québec à Rimouski (UQAR) a été fondée en 1969 et contribue depuis ce temps à la formation de personnel hautement qualifié et au développement des connaissances fondamentales et appliquées. L'UQAR a encouragé et supporté la mise en œuvre du PACES-NEBSL par le Laboratoire de recherche en géomorphologie et dynamique fluviale et la Chaire de recherche en géochimie des hydrogéosystèmes côtiers.

Le Laboratoire de géomorphologie et dynamique fluviale (LGDF) développe les connaissances en lien avec la dynamique des cours d'eau dans le Bas-Saint-Laurent depuis 2003. Le LGDF a formé une trentaine d'étudiants et étudiantes à la maîtrise en géographie et au doctorat en sciences de l'environnement et comporte deux professionnels de recherche. Les échanges eaux de surface – eaux souterraines font partie des sujets de recherche du LGDF.

Pour en savoir plus : fluvial.uqar.ca

La Chaire de recherche en géochimie des hydrogéosystèmes côtiers développe les connaissances menant à une meilleure caractérisation et quantification des transformations géochimiques souterraines entre les nappes d'eau souterraine côtières et les océans. La Chaire a formé une douzaine d'étudiants et étudiantes à la maîtrise en géographie et en océanographie ainsi qu'au doctorat en sciences de l'environnement, en biologie et en océanographie. La caractérisation de l'évolution des signatures géochimiques ainsi que des échanges eaux de surface – eaux souterraines font partie des sujets de recherche de la Chaire.

Pour en savoir plus : www.uqar.ca/recherche/la-recherche-a-l-uqar/unites-de-recherche/geochimie-hydrogeosystemes-cotiers/presentation-objectifs-et-mission-chaire-hydrogeosystemes-cotiers

Table des matières

Index des notions clés	7
Guide de lecture du cahier des participants	8
Votre équipe de formation	9
1. Les notions hydrogéologiques fondamentales	11
Nappe, aquifère et aquitard	12
Différents types d'aquifères	13
Types de dépôts meubles	14
Conditions de confinement	15
Piézométrie	16
Recharge et résurgence	16
Vulnérabilité de l'eau souterraine	17
Qualité de l'eau	18
2. Les caractéristiques régionales de l'eau souterraine	19
Résumé du PACES du nord-est du Bas-Saint-Laurent	20
Les limites générales de l'étude	21
Utilisation de l'eau souterraine	21
Deux contextes hydrogéologiques régionaux dans le nord-est du Bas-Saint-Laurent	22
3. Le contexte hydrogéologique régional des Hautes-Terres	27
Épaisseur des dépôts meubles	28
Contextes hydrostratigraphiques	30
Conditions de confinement	32
Piézométrie	34
Recharge et résurgence	36
Vulnérabilité	38
Qualité de l'eau – Critères pour l'eau potable	40
Qualité de l'eau - Critères esthétiques	42
Synthèse des contextes hydrogéologiques régionaux	44
Exercice de synthèse 1	45
Exercice de synthèse 2	46
Exercice de synthèse 3	47

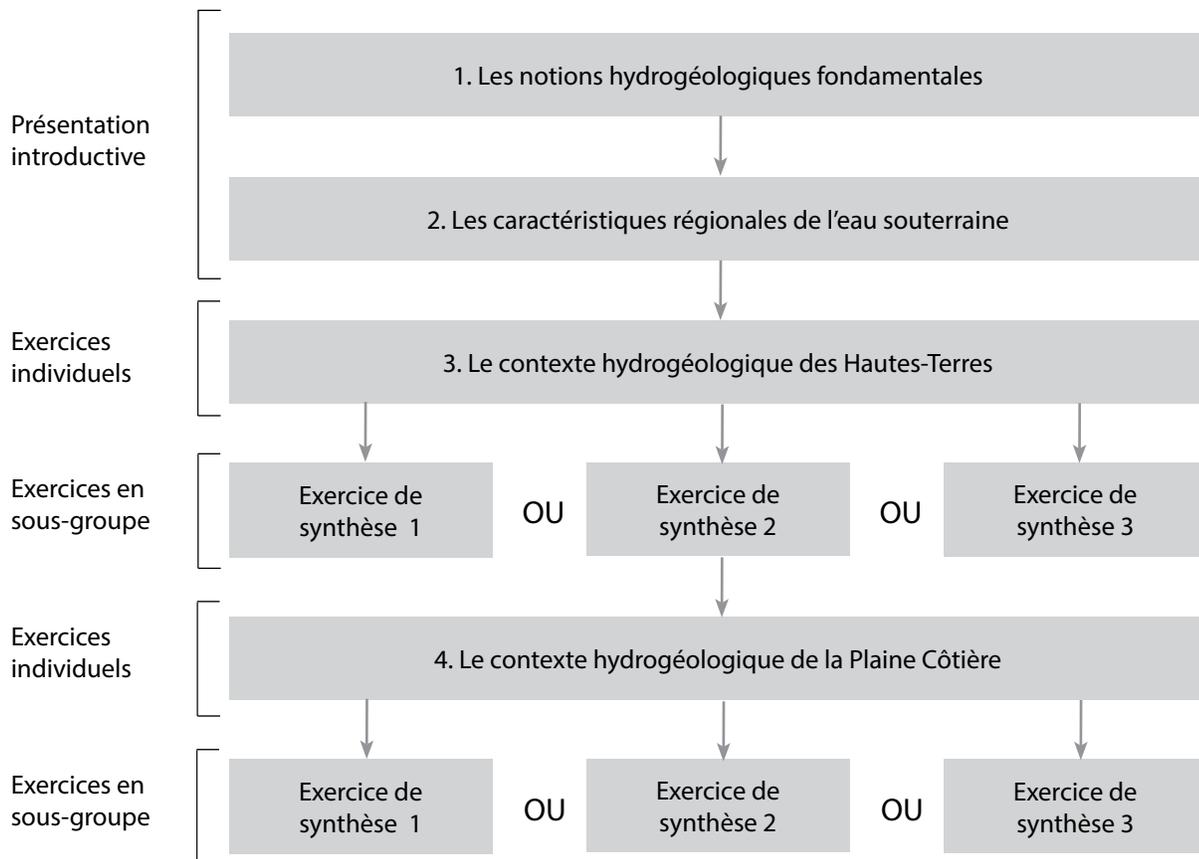
4. Le contexte hydrogéologique régional de la Plaine Côtière	51
Épaisseur des dépôts meubles	52
Contextes hydrostratigraphiques	54
Conditions de confinement	56
Piézométrie	58
Recharge et résurgence	60
Vulnérabilité	62
Qualité de l'eau – Critères pour l'eau potable	64
Qualité de l'eau - Critères esthétiques	66
Synthèse des contextes hydrogéologiques régionaux	68
Exercice de synthèse 1	69
Exercice de synthèse 2	70
Exercice de synthèse 3	71
Bibliographie	74
Mes notes personnelles	75

Index des notions clés

Aquifère	12
Aquifère de dépôts meubles	13
Aquifère de roc fracturé	13
Aquitard	12
Concentrations maximales acceptables	18
Conditions de confinement	15
Conductivité hydraulique	12
Dépôts meubles	13
DRASTIC	17
Eau souterraine	12
Évolution de l'eau	18
Minéralisation	18
Nappe	12
Nappe captive, libre et semi-captive	15
Niveau piézométrique	16
Objectifs esthétiques	18
Piézométrie	16
Porosité	12
Recharge	16
Résurgence	16
Roc fracturé	13
Sédiments alluviaux	14
Sédiments fluvioglaciaires	14
Sédiments glaciaires	14
Sédiments marins	14
Sédiments organiques	14
Till	14
Types d'eau	18
Vulnérabilité	17
Zone saturée et non saturée	12

Guide de lecture du cahier des participants

L'organisation du cahier en lien avec le déroulement de l'atelier



Tout au long du cahier



Définitions des **NOTIONS CLÉS** en hydrogéologie

on renvoie au numéro de page où se trouvent les définitions des notions clés



Exercices de compréhension des informations hydrogéologiques

Niveau de difficulté des questions :

- F** facile
- M** moyennement difficile
- D** difficile

Votre équipe de formation

Vos animateurs



Yohann Tremblay
M.Sc. Sciences de l'eau
Agent de transfert du RQES
Département de géologie et
génie géologique, Université Laval
1065 av. de la Médecine
Québec (Qc) G1K 7P4
418-656-2131 poste 5595
ytremblay.rques@gmail.com



Anne-Marie Decelles
M.A. Développement régional
Agente de transfert 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



Miryane Ferlatte
M.Sc. Hydrogéologie
Coordonnatrice scientifique du RQES
Département des sciences de la Terre
et de l'Atmosphère
Université du Québec à Montréal
CP 8888, succ. Centre-ville
Montréal (Qc) H3C 3P8
514-987-3000 poste 1648
miryanef.rques@gmail.com

Vos experts en eaux souterraines



Thomas Buffin Bélanger
Ph.D. en géographie
Professeur en hydrogéomorphologie
Département de biologie, chimie et
géographie
Université du Québec à Rimouski
300, allée des Ursulines
Rimouski (Qc) G5L 3A1
418 723-1986 poste 1577
thomas_buffin-belanger@uqar.ca



Gwénaëlle Chaillou
Ph.D. en océanographie
Professeure, titulaire de la chaire
de recherche du Canada sur la
géochimie des hydrogéosystèmes
côtiers
Département de biologie, chimie et
géographie
Université du Québec à Rimouski
300, allée des Ursulines
Rimouski (Qc) G5L 3A1
418 723-1986 poste 1950
gwenaëlle_chaillou@uqar.ca



Maud Touchette
M.Sc., Agente de recherche
Chaire de recherche en géoscience
côtière
Laboratoire de dynamique et de
gestion intégrée des zones côtières
Département de biologie, chimie et
géographie
Université du Québec à Rimouski
300, allée des Ursulines
Rimouski (Qc) G5L 3A1
418 723-1986 poste 1206
maud_touchette@uqar.ca

1

Les notions hydrogéologiques fondamentales



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

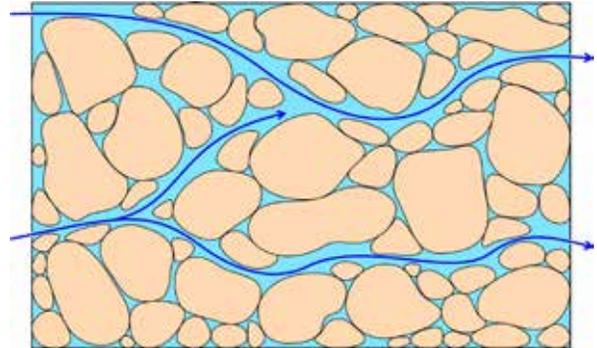
La **POROSITÉ** est le volume (en %) des pores, c'est-à-dire des espaces vides au sein de la matrice solide.

- 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.

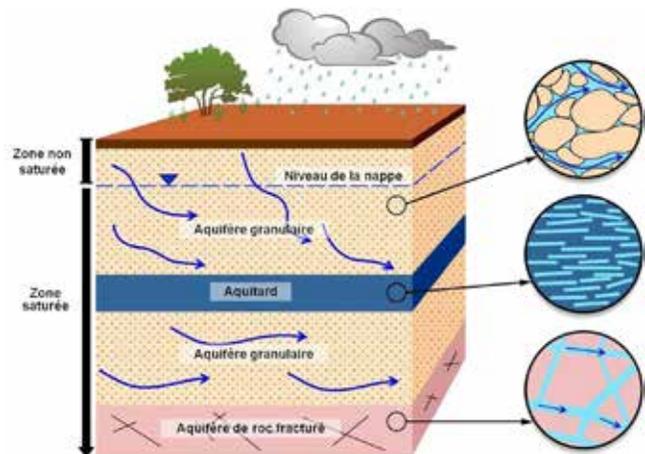
- C'est le **contenu**.

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 :

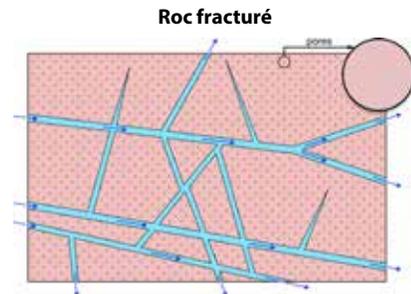
- le **ROC FRACTURÉ** qui constitue la partie supérieure de la croûte terrestre ;
- les **DÉPÔTS MEUBLES** qui sont l'ensemble des sédiments qui proviennent de l'érosion du socle rocheux et qui le recouvrent.

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.

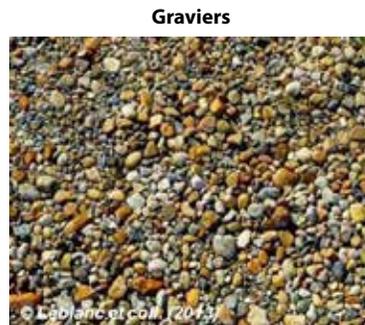
En forant un puits dans ce type d'aquifère, on cherche à rencontrer le plus de fractures possible.



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.



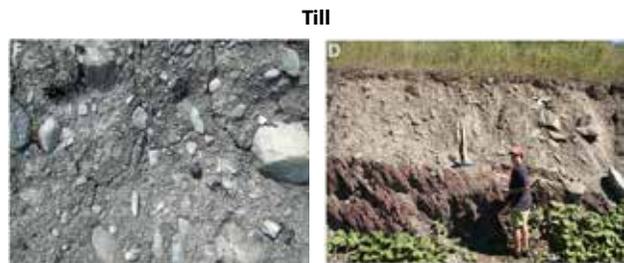


TYPES DE DÉPÔTS MEUBLES

SÉDIMENTS GLACIAIRES (TILL)

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

- Composés de grains de toutes tailles dans une matrice fine — souvent **aquitard**.

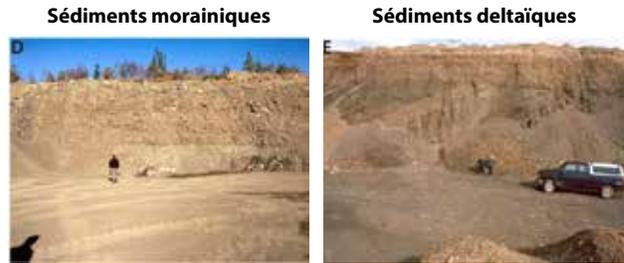


SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

Mis en place par les eaux de fonte, pendant la déglaciation :

- 1) en contact avec le glacier, soit sur la glace, sous la glace ou contre un mur de glace,
- 2) dans la plaine d'épandage, étalés devant le glacier,
- 3) ou dans un delta, lorsque les eaux de fonte se déversent dans une nappe d'eau, qu'il s'agisse de la mer ou d'un lac.

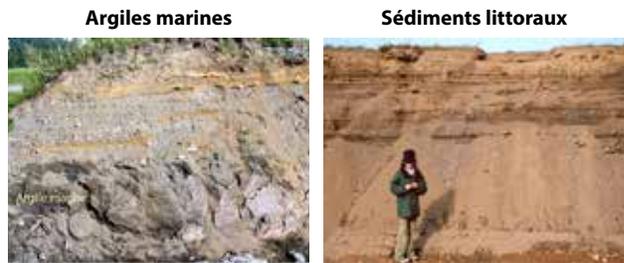
- Composés de sables et graviers — **aquifère**.



SÉDIMENTS MARINS ANCIENS

Mis en place dans la mer de Goldthwait, pendant la déglaciation.

- Lorsque déposés à proximité d'un glacier : composés de grains de toutes tailles dans une matrice fine — ni **aquifère** ni **aquitard**.
- 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, dans les plaines alluviales.

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



SÉDIMENTS ORGANIQUES

Constituent les milieux humides.

- Composés de tourbe — **dynamique d'écoulement des eaux souterraines peu connue**.



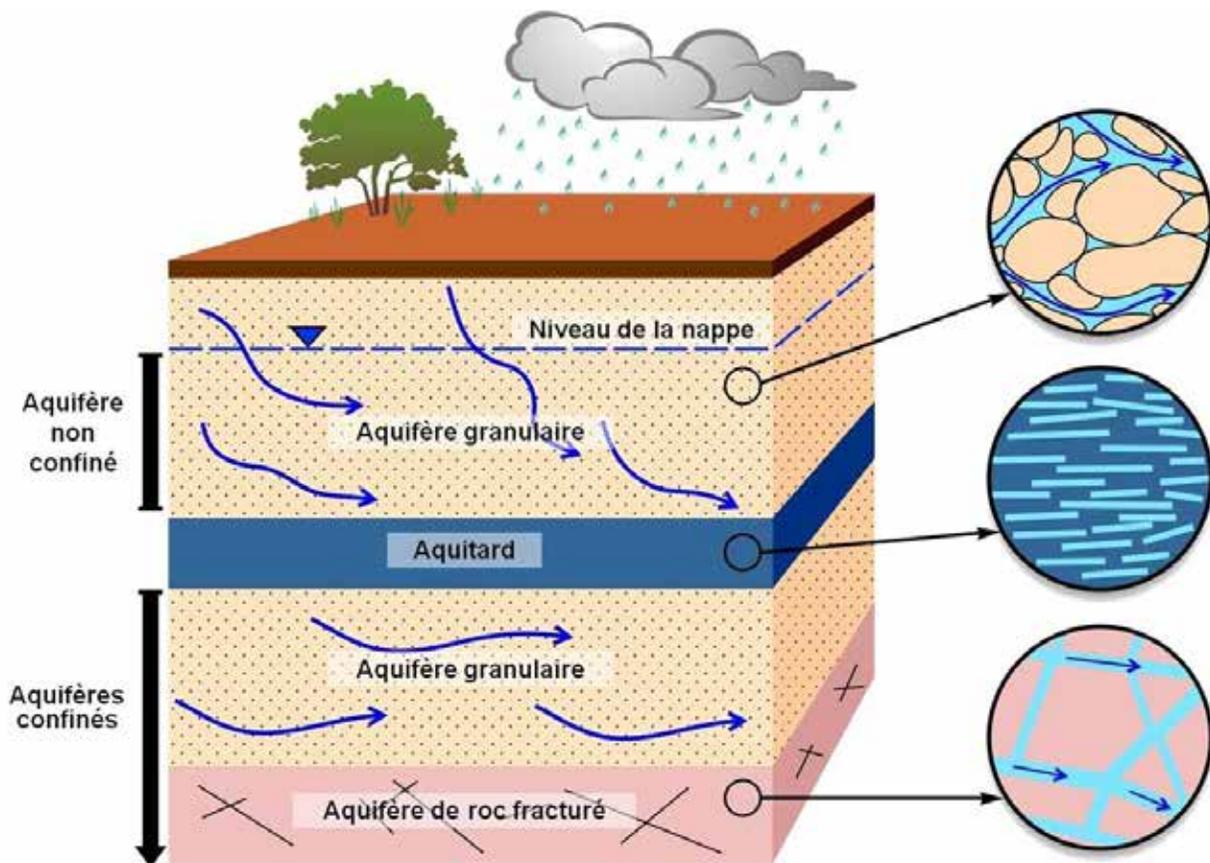


CONDITIONS DE CONFINEMENT

Un aquifère à **NAPPE CAPTIVE** est « emprisonné » sous un aquitard. Il n'est pas directement rechargé par l'infiltration verticale et se retrouve ainsi **protégé des contaminants** provenant directement de la surface. Sa zone de recharge est située plus loin en amont, là où la couche imperméable n'est plus présente. L'eau souterraine y est sous pression plus élevée que celle de l'atmosphère.

Un aquifère à **NAPPE LIBRE** n'est pas recouvert par un aquitard et est en contact direct avec l'atmosphère. Il peut être directement rechargé par l'infiltration verticale et est donc généralement **plus vulnérable à la contamination**.

Un aquifère à **NAPPE SEMI-CAPTIVE** est un cas intermédiaire pour lequel les couches sus-jacentes ne sont pas complètement imperméables, dû à leur composition ou leur faible épaisseur. Il est **modérément protégé d'une contamination** par la surface.

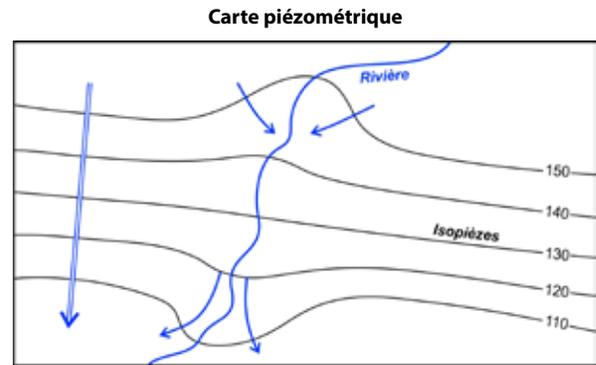




PIÉZOMÉTRIE

Le **NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE** (ou **charge hydraulique**) correspond à l'élévation que le niveau de l'eau souterraine mesurée dans un puits atteint pour être en équilibre avec la pression atmosphérique.

La **piézométrie** représente l'élévation du niveau de l'eau souterraine dans un aquifère, tout comme la topographie représente l'altitude du sol. Elle indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère, qui va des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie est plus basse.



RECHARGE ET RÉSURGENCE

La **RECHARGE** contribue au renouvellement de l'eau souterraine en alimentant l'aquifère par l'infiltration des précipitations depuis la surface.

Le taux de recharge dépend des conditions climatiques, de l'occupation du sol, de la topographie et des propriétés physiques du sol. Elle varie donc sur le territoire.

- Un climat sec, le confinement, un terrain pentu ou l'imperméabilisation des surfaces en milieu urbain limitent la recharge.

Une **RÉSURGENCE** correspond à l'exutoire de l'eau souterraine qui refait surface, lorsque le niveau piézométrique de la nappe dépasse le niveau de la surface du sol.

- Les résurgences sont généralement diffuses, c'est-à-dire qu'elles s'étendent sur une assez grande surface. Par exemple, les cours d'eau constituent souvent des zones de résurgence, tout comme les milieux humides.
- Elles sont parfois ponctuelles, c'est-à-dire localisées en un point précis, et constituent alors des sources.

En période d'étiage, l'essentiel de l'eau qui s'écoule dans les cours d'eau provient de l'apport des eaux souterraines. Cette eau contribue alors au débit de base des cours d'eau.

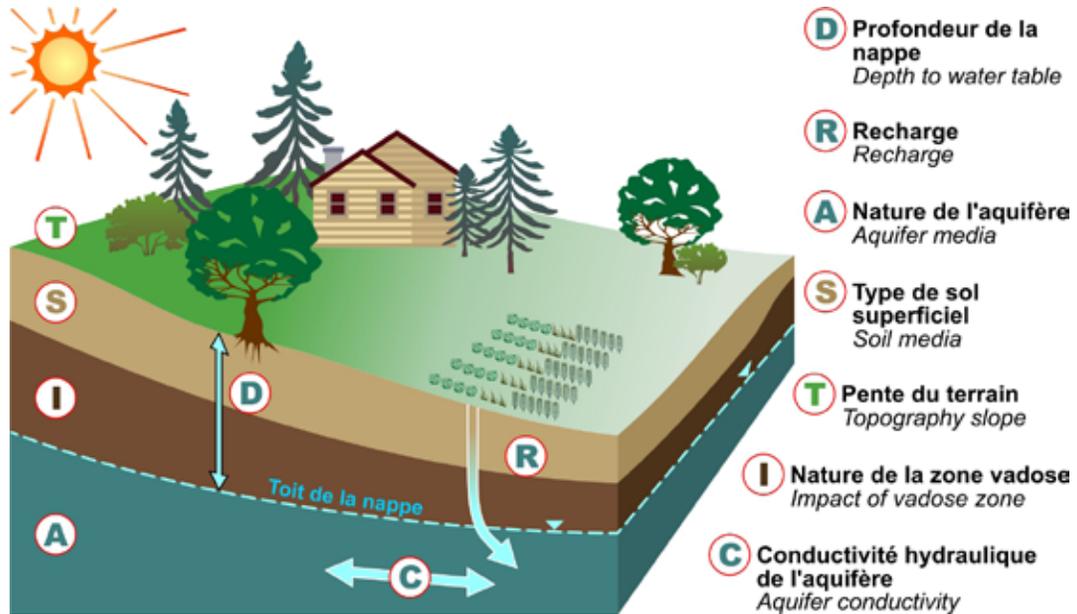


VULNÉRABILITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE

La méthode **DRASTIC** fournit une évaluation relative de la vulnérabilité intrinsèque d'un aquifère, soit sa **susceptibilité à être affecté par une contamination provenant de la surface**.

L'indice **DRASTIC** peut varier entre 23 et 226. Plus l'indice est élevé, plus l'aquifère est vulnérable à la contamination.

Le **calcul de l'indice DRASTIC** tient compte de sept paramètres physiques et hydrogéologiques :



Le **risque de dégradation de la qualité de l'eau souterraine** peut être estimé en jumelant la vulnérabilité, l'impact des activités humaines présentant un danger potentiel de contamination et l'importance de l'exploitation de l'aquifère.

Le **potentiel de contamination** de chaque activité humaine dépend de plusieurs facteurs, dont la nature et la quantité de contaminants, la superficie de la zone touchée et la récurrence du rejet.



Géochimie de l'eau

La composition géochimique de l'eau souterraine est influencée en grande partie par la dissolution de certains minéraux présents dans les matériaux géologiques. Plus la distance parcourue par l'eau souterraine dans l'aquifère est grande, plus son temps de résidence est long, et plus elle sera **évoluée** et **minéralisée**, c'est-à-dire concentrée en minéraux dissous.

Plusieurs **types d'eau** sont identifiés :

- **Eau de recharge** (type Ca-HCO₃) : eau récente, pauvre en éléments dissous, peu minéralisée, signature géochimique se rapprochant de l'eau douce de recharge ;
- **Eau intermédiaire** (type Ca-Cl) : eau un peu plus ancienne, légèrement minéralisée, dont le temps de résidence dans l'aquifère est plus grand que l'eau de recharge ;
- **Eau évoluée** (type Na-HCO₃) : eau encore plus ancienne, minéralisée, dont le temps de résidence dans l'aquifère est encore plus grand ;
- **Eau très évoluée** (type Na-Cl) : eau ancienne, minéralisée, parfois saumâtre, fréquemment associée à des zones de nappe captive.

Critères de qualité de l'eau

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** du Gouvernement du Québec (2015a).

- Ex. : Arsenic < 0,01 mg/L, pour éviter certains cancers et des effets cutanés, vasculaires et neurologiques.
- Ex. : Fluorures < 1,5 mg/L, afin de prévenir la fluorose dentaire.

Les **OBJECTIFS ESTHÉTIQUES (OE)** sont des **recommandations** pour les paramètres ayant un impact sur les caractéristiques organoleptiques de l'eau (couleur, odeur, goût), mais n'ayant pas d'effet néfaste reconnu sur la santé humaine. 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. Ils sont publiés par Santé Canada (2014).

- Ex. : Manganèse < 0,05 mg/L, fondé sur le goût et les taches sur la lessive et les accessoires de plomberie.
- Ex. : Sulfures < 0,05 mg/L, fondé sur le goût et l'odeur.

2

Les caractéristiques régionales de l'eau souterraine

Résumé du PACES du nord-est du Bas-Saint-Laurent

Les connaissances sur les eaux souterraines étaient jusqu'à présent minimales et fragmentaires dans le Bas-Saint-Laurent alors que près de 60% de sa population de plus de 200 000 personnes s'alimente à partir de cette ressource. Le plan directeur de l'eau de l'Organisme des bassins versants du nord-est du Bas-Saint-Laurent (OBVNEBSL) ainsi que la Commission sur l'eau de la Conférence régionale des élus du Bas-Saint-Laurent (CRÉ-BSL) soulignaient tous la nécessité et l'importance d'acquérir des connaissances sur cette ressource afin de mettre en place des outils de gestion adéquats et d'en assurer la qualité et la quantité sur son territoire. C'est dans ce contexte qu'au printemps 2012, l'UQAR, a obtenu le financement du MDDELCC pour la réalisation du PACES-NEBSL.

Le PACES-NEBSL avait pour but de produire une cartographie hydrogéologique du territoire habité du nord-est du Bas-Saint-Laurent. Le territoire d'une superficie de l'ordre de 4000 km² correspond à une bande d'une quinzaine de kilomètres de largeur longeant le Saint-Laurent entre Trois-Pistoles et Les Méchins, ainsi qu'à quatre corridors de 20 km de largeur le long des rivières Trois-Pistoles, Rimouski, Mitis et Matane (10 km de part et d'autre de la rivière). La région à l'étude comprend une partie des territoires couverts par les MRC des Basques, de La Mitis, de Rimouski-Neigette et de la Matanie, et compte 39 municipalités. Les principales villes de chacune des MRC incluses dans le projet sont Trois-Pistoles (3471 habitants), Rimouski (48155 habitants), Mont-Joli (6673 habitants) et Matane (14600 habitants).

L'étude fut réalisée par l'UQAR en collaboration avec la CRÉ-BSL et les quatre MRC. Le projet a pu également compter sur un appui et une implication significative de l'OBVNEBSL, le Conseil régional en environnement du Bas-Saint-Laurent (CRE) et le comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire (ZIPSE). Pour renforcer son expertise en hydrogéologie, l'UQAR a travaillé en collaboration avec l'INRS-ETE ainsi qu'avec la firme de consultants en hydrogéologie Envir'Eau Puits. Finalement, l'UQAR a participé aux efforts de concertation avec les autres projets régionaux en cours de réalisation au sein du RQES.

L'objectif du PACES-NEBSL était de compiler, d'uniformiser, d'actualiser et de bonifier les connaissances sur les eaux souterraines de la région du nord-est du Bas-Saint-Laurent. Plus précisément, le PACES-NEBSL visait à :

1. dresser un portrait de la ressource en eau souterraine à l'échelle des bassins versants du nord-est du Bas-Saint-Laurent pour soutenir les besoins d'information sur cette ressource concernant la qualité, la quantité et la vulnérabilité de l'eau souterraine;
2. développer des partenariats entre le milieu académique (UQAR, INRS-ETE), les gestionnaires du territoire (MRC et municipalités), les organismes régionaux (CRÉ-BSL, OBVNEBSL, ZIPSE) et l'expertise privée (Envir'Eau Puits) dans l'acquisition des connaissances sur la ressource en eau souterraine afin d'en favoriser une saine gestion;
3. arrimer les livrables du MDDELCC aux besoins régionaux des différents partenaires du projet pour optimiser l'utilisation des données;
4. fournir des outils de gestion de la ressource pour assurer la pérennité de la qualité et de la quantité des eaux souterraines dans le développement de la région et en intégrant la composante risque dans la perspective de changements environnementaux;
5. soutenir le développement d'une expertise en hydrogéologie ainsi que la formation de personnel hautement qualifié à l'UQAR pour l'acquisition, le développement et la gestion de connaissances tant d'un point de vue hydrogéochimique que social dans le domaine des eaux souterraines.

La réalisation du PACES-NEBSL aura permis d'atteindre ces objectifs. Les livrables du projet correspondent à des documents écrits et cartographiques ainsi qu'une base de données régionale. Les données acquises au cours des trois années du projet serviront à une gestion pérenne des eaux souterraines dans la région du nord-est du Bas-Saint-Laurent.

Limites générales de l'étude

Les cartes produites dans le cadre du PACES-NEBSL sont à l'échelle régionale. Il est donc fortement recommandé d'éviter l'inférence à l'échelle locale d'informations générées à l'échelle régionale.

La plupart des analyses hydrogéologiques réalisées dans le cadre de ce projet sont basées sur des méthodes de traitement impliquant des généralisations et une importante simplification de la complexité du milieu naturel.

Les données de base utilisées (ex. : puits, forages, affleurements rocheux) ont une répartition non uniforme sur le territoire. L'incertitude des analyses hydrogéologiques augmente dans les secteurs où il y a peu de données.

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 MDDELCC 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 valeurs de certaines données et les analyses en découlant (ex. : piézométrie, recharge, qualité de l'eau) pourraient varier temporellement (jours, saisons, années, changements climatiques).

Les résultats des analyses de qualité de l'eau ne sont valides que pour le puits où l'échantillon a été récolté. Les contaminants bactériologiques, les pesticides et les contaminants organiques (hydrocarbures) n'ont pas été mesurés dans le cadre de l'étude, car ils correspondent généralement à des problématiques locales.

Utilisation de l'eau souterraine

Sur le territoire du PACES-NEBSL, 61% de l'eau consommée provient de sources souterraines, dont 47 % est utilisée à des fins de consommation résidentielle, 46 % est destinée aux industries, commerces et institutions (ICI), et 7 % à des fins agricoles. Sur les 39 municipalités incluses dans le territoire du PACES-NEBSL, 15 sont alimentées par un réseau d'eau souterraine, 13 par un réseau d'eau de surface, 10 n'ont pas de réseau et une seule est alimentée par un réseau mixte. Pour chacune des MRC, entre 21 et 26 % de la population s'approvisionne en eau potable à partir des puits privés individuels, dont la plupart sont aménagés dans l'aquifère rocheux. Les MRC de Rimouski-Neigette et des Basques sont les plus grandes consommatrices avec 95 et 66% de leur eau qui provient d'aquifères, alors que la ville de Rimouski est la municipalité qui consomme le plus d'eau souterraine.

Deux contextes hydrogéologiques régionaux dans le nord-est du Bas-Saint-Laurent

Les Hautes-Terres

Les Hautes-Terres représentent la majorité (73%) du territoire du PACES-NEBSL. Elles englobent tous les reliefs dont l'altitude est supérieure à 150 m p/r au niveau moyen de la mer (NMM) et sont constituées de hauts plateaux disséqués et ondulés et de massifs de collines arrondies pouvant excéder 1 000 m p/r NMM. Elles sont aussi caractérisées par l'alternance de crêtes de roches dures et de sillons (vallées) de roches tendres généralement orientées SO-NE. En général, le passage de la Plaine Côtière aux Hautes-Terres s'effectue graduellement, sauf au sud de Rimouski où l'escarpement de la faille Neigette dénivèle drastiquement deux paliers distincts.

Le contexte des Hautes-Terres est caractérisé par des dépôts superficiels minces et/ou discontinus, dont le plus fréquent est le manteau altéré d'épaisseur moyenne (moins de 1 m) recouvrant le socle rocheux. Les dépôts d'origine glaciaire (till) couvrent aussi une grande partie du contexte et se divisent en deux classes : 1) till épais qui est caractérisé par une couverture continue d'épaisseur d'un mètre ou plus et 2) till mince ayant une couverture discontinue et une épaisseur moyenne inférieure à 0,5 mètre. On retrouve principalement ce dernier dans les secteurs de Saint-Gabriel, Les Hauteurs, Sainte-Angèle-de-Mérici, Sainte-Jeanne-d'Arc et Saint-René-de-Matane. Finalement, la majorité des affleurements rocheux sont localisés dans la portion ouest du territoire (Saint-Simon, Saint-Fabien, Bic) et correspondent aux barres appalachiennes. Le reste des affleurements sont les escarpements associés à la faille Neigette et aux falaises en marge de la route 132 dans les secteurs Grosses-Roches et Les Méchins.

L'aquifère principal est un aquifère rocheux à nappe libre, mis à part quelques secteurs semi-captifs où le till est plus épais. Ces conditions expliquent que les Hautes-Terres sont la principale zone de recharge du territoire à l'étude. Il est tout de même possible de retrouver localement des aquifères granulaires de surface de faibles dimensions et de faible puissance saturée qui sont souvent utilisés comme sources d'approvisionnement individuelles par l'aménagement de puits de surface (fontaines). Les résultats du bilan hydrique spatialisé indiquent que la recharge dans les Hautes-Terres est de significative à élevée (200 à 400 mm/an). Les puits ont une profondeur moyenne de 35 m et les niveaux d'eau (niveaux statiques) sont près de la surface. Les écoulements sont principalement horizontaux et suivent la topographie, ce qui développe des systèmes d'écoulements locaux et intermédiaires (S-O – N-E), alors que l'écoulement régional se fait en directions S-N vers la Plaine Côtière. L'indice de vulnérabilité DRASTIC de l'aquifère rocheux est de moyen à significatif (100 à 180) dans ce contexte.

Les essais de pompage réalisés dans le cadre du projet indiquent que l'aquifère régional rocheux fournit des débits de l'ordre de 3 à 5 gallons/minute pour des puits de 30 à 47 m de profondeur dans le roc. Cet ordre de débits peut répondre relativement bien aux besoins d'une maison unifamiliale, mais est beaucoup trop faible pour envisager l'alimentation d'une petite municipalité. Les formations schisteuses composent la majorité des aquifères rocheux des Hautes-Terres, mais au sud de la faille de Neigette, on retrouve des formations de calcaire, de grès et de conglomérat.

La majorité des échantillons d'eau souterraine pris dans les Hautes-Terres proviennent de puits de l'aquifère rocheux en condition de nappe libre et ont une signature géochimique de type Ca-HCO₃, montrant une eau peu évoluée et peu minéralisée provenant d'une recharge récente. Quelques échantillons ont fait ressortir la présence d'eau de type Ca-Cl d'évolution intermédiaire. La qualité de l'eau est généralement bonne, mais des dépassements des objectifs esthétiques (OE) et des concentrations maximales acceptables (CMA) ont été notés. Les paramètres liés aux OE qui sont le plus fréquemment au-dessus de la limite recommandée sont le manganèse, le pH et le fer. Concernant les concentrations maximales acceptables (CMA), les paramètres concernés sont principalement pour les fluorures et les nitrites-nitrates, mais également pour l'arsenic, l'antimoine et le baryum.

La Plaine Côtière

La zone de la plaine côtière fait référence aux territoires qui ont été submergés par la mer de Goldthwait il y a environ 13 000 ans. L'altitude des territoires submergés décroît d'ouest en est, c'est-à-dire qu'une plus grande superficie de territoires a été immergée dans le secteur de Trois-Pistoles (altitude ~165m) que dans celui des Méchins (altitude ~90m). La Plaine Côtière comprend le littoral actuel et les grandes plaines agricoles de faible dénivelé en bordure de l'estuaire maritime où l'on retrouve beaucoup de municipalités du territoire. Elle comprend également tous les fonds de vallées entre les crêtes rocheuses, telles que la vallée de la route 132 dans les secteurs de Saint-Fabien et de Saint-Simon, ainsi que la majorité des vallées alluviales, comme dans les secteurs de Saint-Mathieu-de-Rioux, Saint-Donat-de-Rimouski et Sainte-Angèle-de-Mérici.

On y retrouve une couverture quasi-continue de dépôts marins et littoraux généralement épais comblant les sillons appalachiens et la plupart de vallées alluviales. Dans les secteurs de Notre-Dame-des-Neiges, Rimouski, Luceville, Mont-Joli et Sainte-Flavie, les vastes plaines organisées en terrasses sont typiquement constituées de sable et gravier reposant sur les sédiments argileux, qui eux reposent directement sur le roc. Les sédiments littoraux de surface sont perméables, mais sont généralement de faible puissance saturée. Ils sont tout de même fréquemment utilisés comme formation aquifère en y installant des puits de surface (fontaines). On retrouve aussi cette séquence de sédiments dans les sillons appalachiens, comme dans les secteurs de Saint-Simon, de Saint-Fabien ou de Saint-Mathieu-de-Rioux.

L'invasion marine de la mer de Goldthwait se reflète également par l'édification de quelques-uns des principaux deltas du territoire comme ceux de Trois-Pistoles, de Saint-Fabien, du Bic, de Luceville et de Price. Ces imposants corps sédimentaires perchés dans le paysage sont constitués majoritairement de sable et gravier. Malgré leur épaisseur pouvant dépasser plus de 30 m, le potentiel aquifère de ces complexes deltaïques s'est avéré, dans bien des cas, relativement pauvre en raison de leur faible puissance saturée.

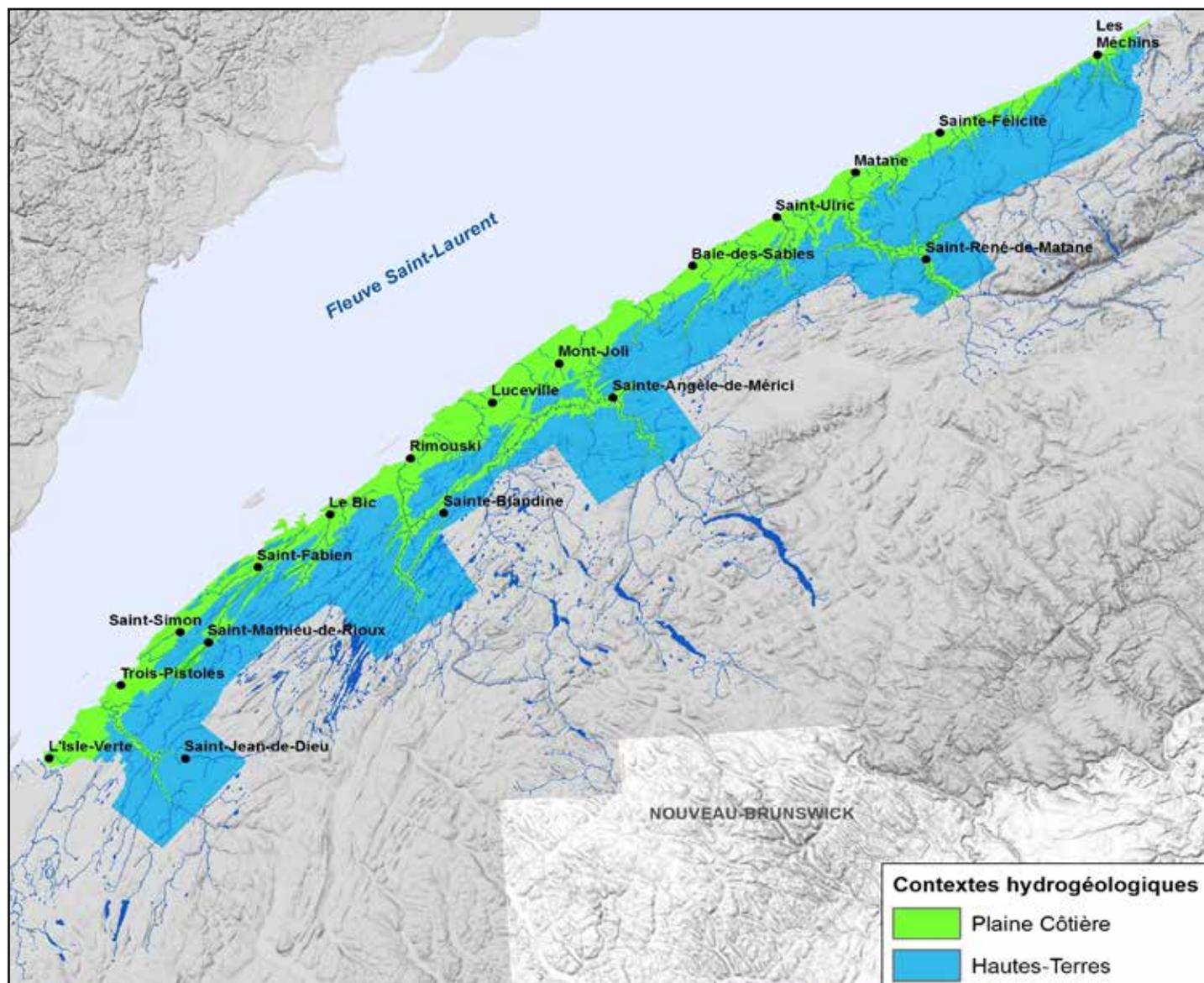
Dans le fond des vallées alluviales, on retrouve en surface des sables et des graviers alluviaux reposant généralement sur des sédiments argileux marins. Ces argiles reposent le plus souvent directement sur le roc. Il est tout de même possible de retrouver localement des aquifères granulaires captifs, très productifs et d'épaisseurs variables (de 2 à plus de 20 mètres) sous les argiles marines dans quelques vallées de la Plaine Côtière, comme dans la vallée du Grand lac Malobès/Rivière sud-ouest à Saint-Fabien, de Mitis, au pied de Saint-Blandine, dans le secteur de Val-Neigette, ou par endroits dans la vallée de la rivière Neigette.

On retrouve aussi sporadiquement des dépôts organiques sur la Plaine Côtière. Ils reposent soit sur des argiles, du till, des dépôts littoraux ou directement sur la roche en place.

Compte tenu que les sédiments argileux couvrent une grande superficie de la Plaine Côtière et qu'ils sont épais, ils jouent le rôle d'aquitard en empêchant la percolation verticale de la recharge pouvant atteindre l'aquifère rocheux. La recharge estimée est donc nulle à très faible. La vulnérabilité de l'aquifère rocheux est aussi grandement diminuée, oscillant entre faible et très faible, entre autres en raison de la profondeur du toit de l'aquifère et de l'impact de la zone vadose.

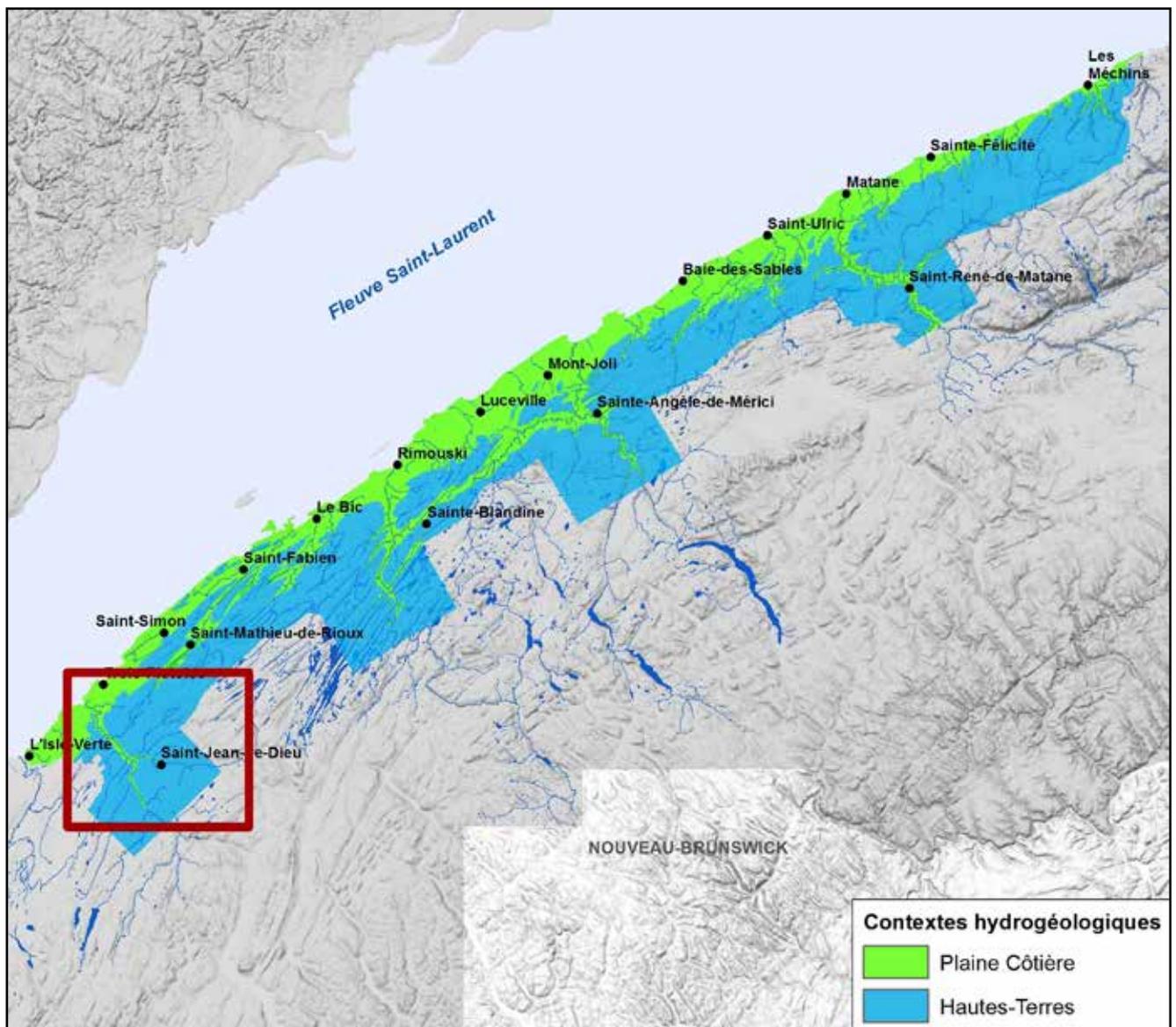
Une eau évoluée de type Na-HCO_3 est observée dans les nappes captives de la Plaine Côtière et se trouve autant dans des aquifères granulaires que dans des aquifères rocheux. Les nappes libres sont caractérisées par une eau de type Ca-HCO_3 , indicateur d'une recharge récente. À proximité de l'estuaire maritime, quelques échantillons provenant de l'aquifère rocheux à nappe libre indiquent une eau un peu salée de type Na-Cl , sans pour autant être de l'eau marine. Cette minéralisation est beaucoup plus imputable à l'évolution de l'eau à travers les écoulements profonds des Hautes-Terres vers l'estuaire maritime.

Délimitation des contextes hydrogéologiques régionaux



3

Le contexte hydrogéologique régional des Hautes-Terres



Épaisseur des dépôts meubles

Définition

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 informations sur l'épaisseur et la texture des dépôts meubles peuvent aussi s'avérer utiles dans d'autres domaines que l'hydrogéologie comme la géotechnique et la construction de bâtiments et d'infrastructures.



AQUIFÈRE,
AQUITARD page 12,
DÉPÔTS MEUBLES,
page 13

Méthode utilisée

Les données utilisées proviennent des forages et des levés sismiques réalisés dans le cadre du projet, ainsi que les bases de données de forages du SIH, du MTQ, de la compilation des rapports de recherche en eau des municipalités du territoire et de la carte des dépôts meubles. Les épaisseurs des différentes unités hydrostratigraphiques provenant de ces différentes sources ont toutes été additionnées et spatialisées sur des mailles de 250 m x 250 m.

En complément à l'estimation de l'épaisseur totale des dépôts meubles, les épaisseurs des sédiments argileux et des sédiments sus-jacents aux sédiments argileux ont aussi été estimées. Étant donné que les sédiments sous-jacents aux sédiments argileux sont très localisés et généralement de faible épaisseur, aucune carte traitant de cet aspect n'a été produite.

Interprétation pour le contexte des Hautes-Terres

Les dépôts meubles de grande épaisseur sont plutôt ponctuels sur le territoire du nord-est du Bas-Saint-Laurent, ce qui fait que les aquifères granulaires de bonne envergure sont assez rares et très localisés.

On retrouve de très faibles épaisseurs de sédiments recouvrant le roc sur les Hautes-Terres (épaisseurs de moins de 2 m).

Les sédiments argileux ne sont pas présents dans les Hautes-Terres.



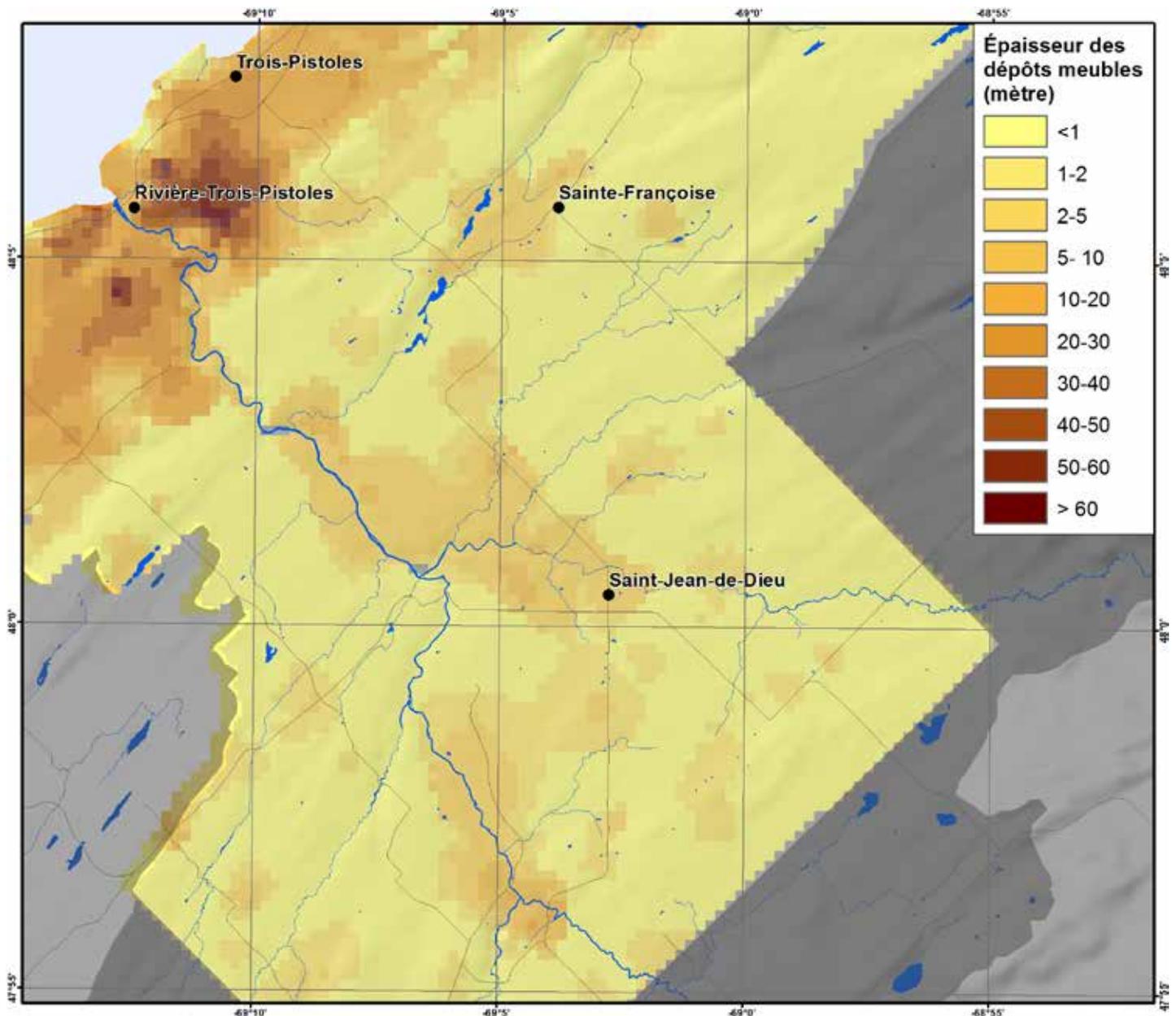
F De manière générale, les dépôts meubles sont épais dans le contexte des Hautes-Terres.

Vrai Faux

F On retrouve les dépôts meubles les plus épais sur les hauts topographiques.

Vrai Faux

D Pourquoi retrouve-t-on les épaisseurs de dépôts meubles plus importantes dans les vallées?



Épaisseur des dépôts meubles
LES HAUTES-TERRES

0 1 2 4 6 8 Km

1 / 150 000



Contextes hydrostratigraphiques

Définition

Les contextes hydrogéologiques sont définis sur la base des séquences d'empilement vertical des **DÉPÔTS MEUBLES** recouvrant le **ROC FRACTURÉ**. Ces séquences hydrostratigraphiques exercent une influence sur les conditions d'écoulement et la qualité de l'eau souterraine, et peuvent fournir des informations d'intérêt pour l'exploitation et la gestion des ressources en eau souterraine.



TYPE DE DÉPÔTS MEUBLES page 14,
ROC FRACTURÉ page 13

Méthode utilisée

Les sédiments ont été regroupés en fonction de leur potentiel hydrogéologique et de la dominance du matériau. Quatre unités hydrostratigraphiques ont été définies :

1. sédiments granulaires;
2. sédiments fins;
3. sédiments argileux;
4. roc.

La carte des contextes hydrostratigraphiques présente les regroupements effectués pour la définition des quatre unités hydrostratigraphiques. Les regroupements ont permis de définir huit séquences d'empilement vertical typiques.

Interprétation pour le contexte des Hautes-Terres

La distribution des séquences hydrostratigraphiques indique une prédominance de la séquence de sédiments granulaires sur roc dans le contexte des Hautes-Terres. Les sédiments sont constitués les plus fréquemment du manteau altéré d'épaisseur moyenne (moins de 1 m), mais aussi de dépôts d'origine glaciaire (till) qui se divise en deux classes: 1) till épais qui est caractérisé par une couverture continue d'épaisseur d'un mètre ou plus et 2) till mince ayant une couverture discontinue et une épaisseur moyenne inférieure à 0,5 mètre. On retrouve principalement ce dernier dans les secteurs de Saint-Gabriel, Les Hauteurs, Sainte-Angèle-de-Mérici, Sainte-Jeanne-d'Arc et Saint-René-de-Matane.

La majorité des affleurements rocheux sont localisés dans la portion ouest du territoire (Saint-Simon, Saint-Fabien, Bic) et correspondent aux barres appalachiennes. Le reste des affleurements sont les escarpements associés à la faille Neigette et aux falaises en marge de la route 132 dans les secteurs Grosses-Roches et Les Méchins.



F Le contexte hydrogéologique des Hautes-Terres est dominé par des sédiments argileux reposant directement sur le roc.

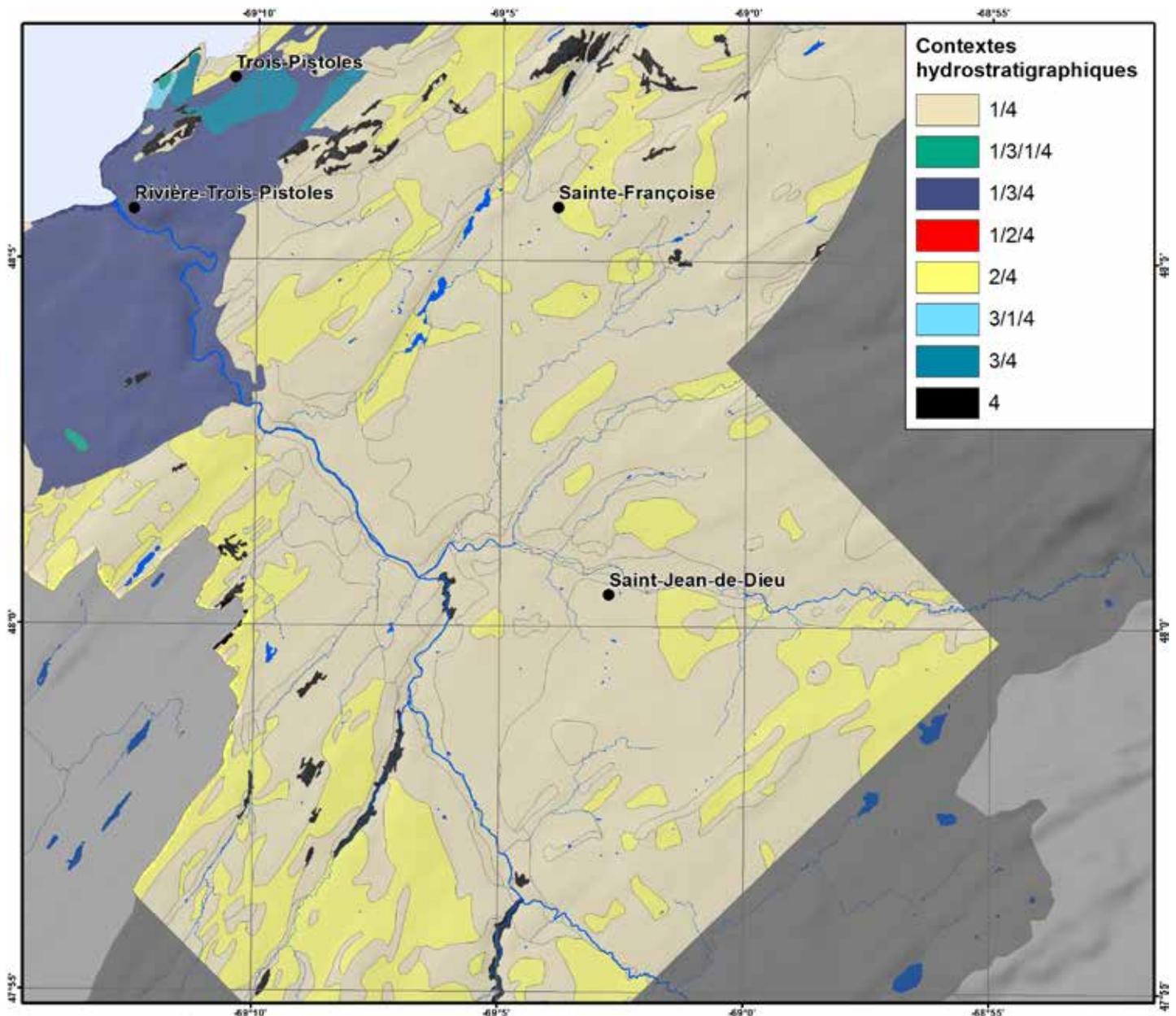
Vrai Faux

F L'unité hydrostratigraphique de roc se retrouve partout sur le territoire.

Vrai Faux

M Comment reconnaît-on les endroits où les dépôts meubles seraient peut-être suffisamment perméables pour pouvoir constituer un aquifère sur la carte des contextes hydrostratigraphiques?

M Est-il préférable, pour une municipalité, de viser d'alimenter sa population en eau souterraine à partir d'aquifères de roc ou de dépôts meubles? Pourquoi?



Contextes hydrostratigraphiques

LES HAUTES-TERRES



1 / 150 000



Conditions de confinement

Définition

Les conditions de confinement d'un aquifère sont liées à son recouvrement par une couche de matériaux peu perméables (aquitard) qui isole de la surface l'eau souterraine qu'il contient. La nature et l'épaisseur des dépôts meubles ou des unités géologiques déterminent le niveau de confinement des aquifères, qui va de non confiné (**NAPPE LIBRE**), à semi-confiné (**NAPPE SEMI-CAPTIVE**) et jusqu'à confiné (**NAPPE CAPTIVE**). Le confinement influence les divers processus dynamiques et chimiques de l'eau souterraine, en limitant ou favorisant la recharge de l'aquifère ou encore sa protection par rapport à une contamination provenant de la surface.



**NAPPE LIBRE,
NAPPE CAPTIVE,
NAPPE SEMI-
CAPTIVE** page 15

Méthode utilisée

Les zones de confinement ont été déterminées pour l'aquifère rocheux par l'interpolation des épaisseurs des sédiments fins. La carte des dépôts meubles et des affleurements rocheux a aussi été utilisée pour combler les zones où il n'y avait aucun forage. Les différents critères utilisés pour définir les conditions de confinement sont :

- **Nappe captive** : plus de 3 m de sédiments argileux ou plus de 5 m de sédiments fins,
- **Nappe semi-captive** : de 1 à 3 m de sédiments argileux ou de 3 à 5 m de sédiments fins,
- **Nappe libre** : moins de 1 m de sédiments argileux ou moins de 3 m de sédiments fins.

Compte tenu que les aquifères granulaires apparaissent de façon discontinue et occupent des superficies plutôt limitées sur le territoire d'étude, aucune carte de confinement régionale pour ces dépôts n'a été produite.

Interprétation pour le contexte des Hautes-Terres

Les zones de nappe libre correspondent aux zones de manteau résiduel et d'affleurements rocheux.

Les conditions de nappe semi-captive sont présentes majoritairement dans les Hautes-Terres et correspondent aux secteurs de till épais identifiés sur la carte de dépôts meubles.

L'aquifère rocheux du fond de la vallée de Matane est considéré comme étant en condition captive en raison de la grande épaisseur de sédiments fins (till) qui recouvre le roc sur l'entièreté de la vallée.



F Le contexte des Hautes-Terres est dominé par des conditions à nappe libre.

Vrai Faux

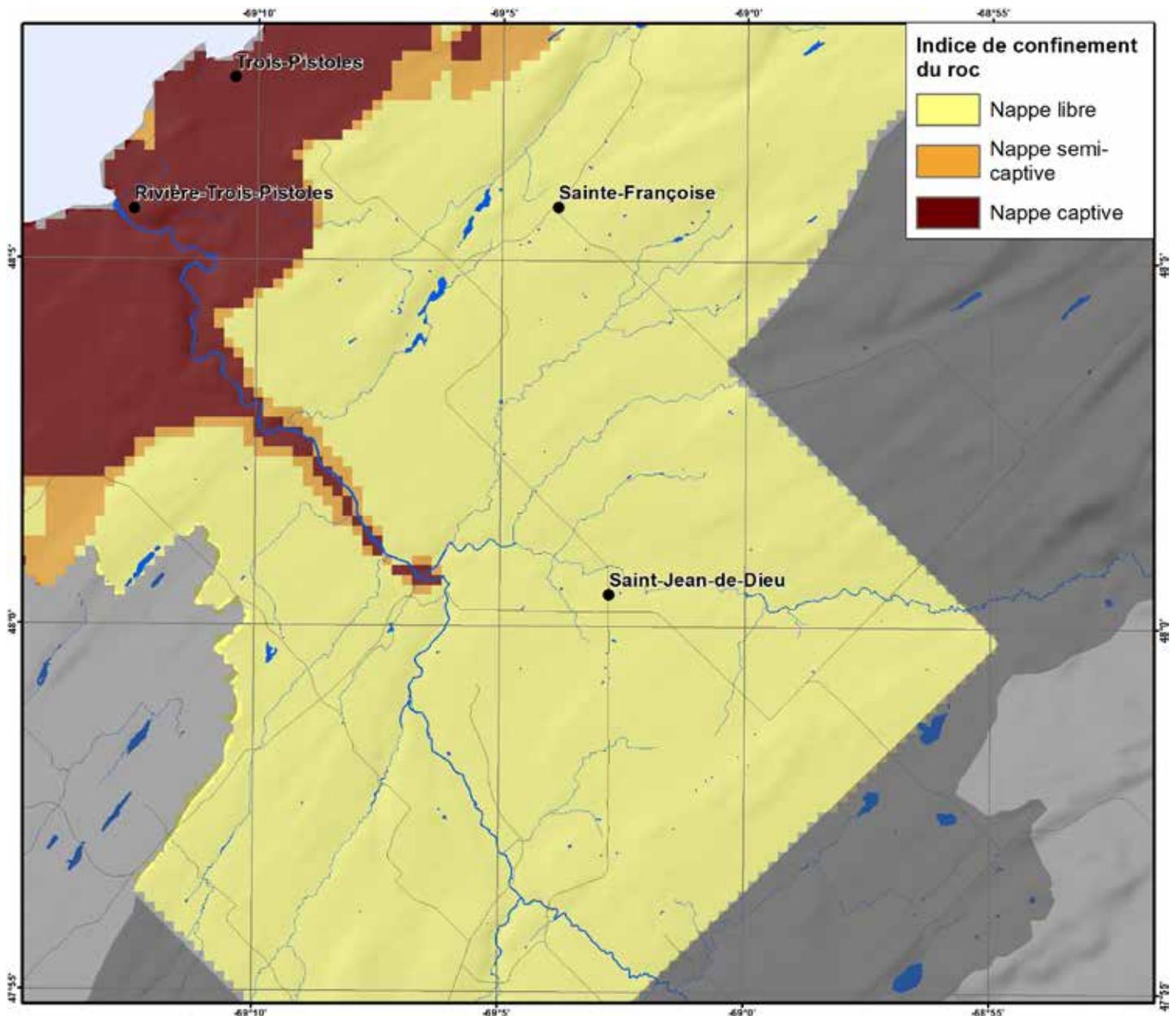
F Sur toute la longueur de la vallée de la rivière Trois-Pistoles, l'aquifère de roc fracturé est bien protégé de la contamination provenant directement de la surface.

Vrai Faux

M La carte de l'Indice de confinement du roc indique aussi l'indice de confinement des aquifères granulaires.

Vrai Faux

M Y a-t-il forcément présence d'argile lorsque les conditions de confinement sont à nappe captive?



Indice de confinement du roc
LES HAUTES-TERRES

0 1 2 4 6 8 Km

1 / 150 000



Piézométrie

Définition

Le **NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE** correspond à l'élévation du niveau d'eau mesuré dans un puits. Si l'aquifère est à nappe libre, ce niveau correspond également à l'élévation de la **NAPPE** dans l'aquifère. Si l'aquifère est à nappe captive, le niveau d'eau dans le puits se trouve au-dessus du toit de l'aquifère, puisque celui-ci est sous pression. La carte piézométrique représente l'élévation de la nappe dans un aquifère à nappe libre et la pression dans un aquifère à nappe captive. La **PIÉZOMÉTRIE** indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère, qui va des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie est plus basse. On obtient ainsi une vue d'ensemble de la dynamique de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère.



NAPPE page 12,
PIÉZOMÉTRIE,
NIVEAU
PIÉZOMÉTRIQUE
page 16,

Méthode utilisée

Différentes sources d'information ont été utilisées pour le développement de la carte piézométrique : la base de données du SIH, la compilation des rapports hydrogéologiques de la région, le réseau de suivi du MDDELCC et les niveaux d'eau prélevés lors des campagnes d'échantillonnage et de forages. Les charges hydrauliques ont été spatialisées sur des mailles de 250 m x 250 m.

Puisqu'il a été assumé qu'il y a un lien hydraulique entre les deux types d'aquifères, autant les niveaux provenant des aquifères granulaires ainsi que rocheux ont été pris en compte dans la création de la piézométrie régionale.

Interprétation pour le contexte des Hautes-Terres

Les valeurs des niveaux piézométriques s'échelonnent de 423 m NMM aux sommets piézométriques sur les Hautes-Terres à -15 m NMM à proximité de l'estuaire maritime.

La piézométrie montre que les rivières drainent l'aquifère régional. Dans les crêtes appalachiennes, dans les zones de transition des Hautes-Terres vers la Plaine Côtière et sur les escarpements rocheux, les gradients hydrauliques sont élevés, ce qui favorise les résurgences d'eau souterraine dans les zones de transitions topographiques.



F Le centre villageois de Sainte-Françoise reçoit son eau souterraine majoritairement depuis l'est.

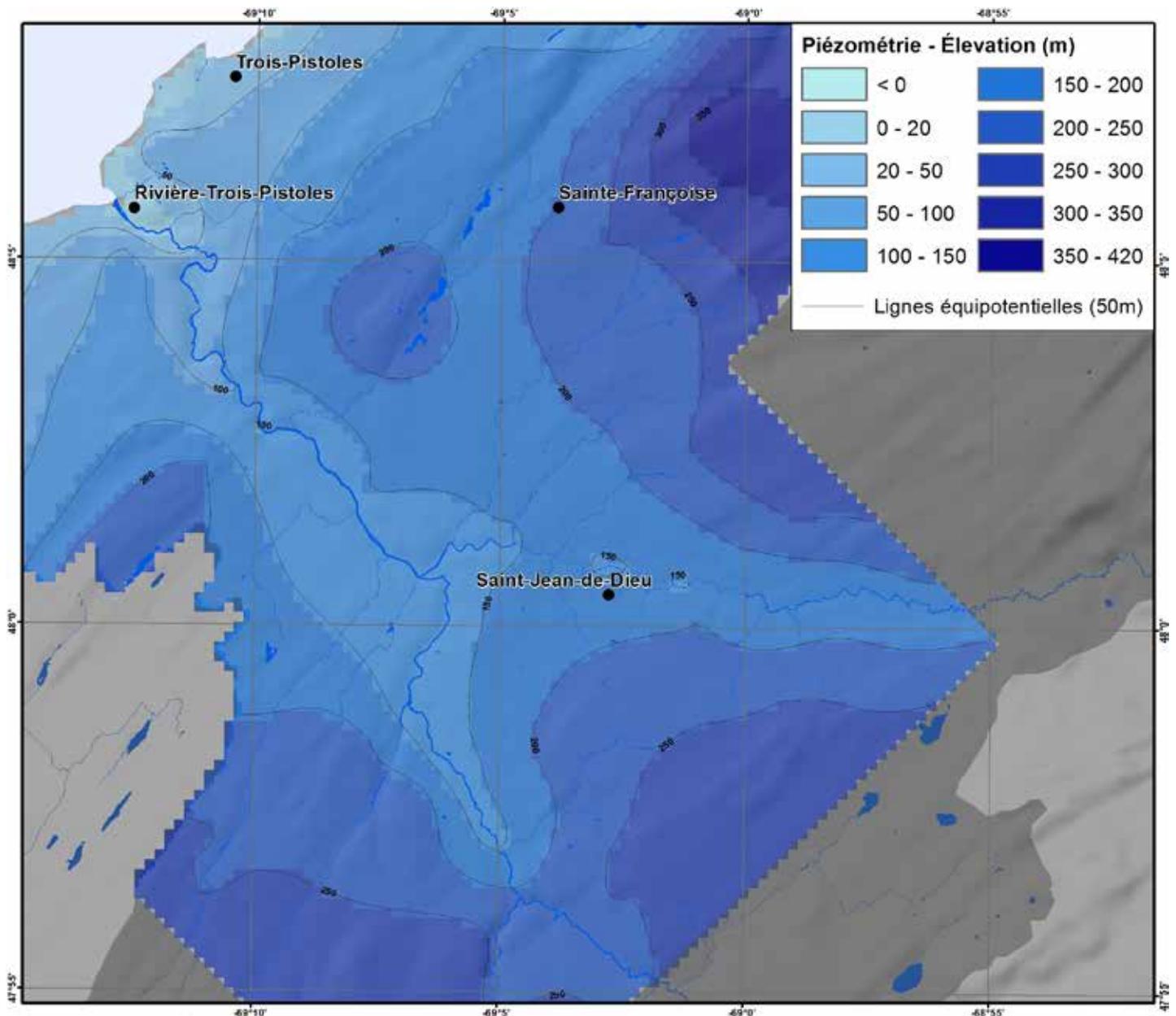
Vrai Faux

M La piézométrie montre que les rivières alimentent l'aquifère régional.

Vrai Faux

F Quelle est la variation maximale du niveau piézométrique observé dans cette portion cartographiée du contexte des Hautes-Terres?

M Quel phénomène observe-t-on lorsque le niveau piézométrique est supérieur au niveau du sol?



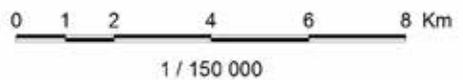
Piezométrie - Élévation (m)

	< 0		150 - 200
	0 - 20		200 - 250
	20 - 50		250 - 300
	50 - 100		300 - 350
	100 - 150		350 - 420

— Lignes équipotentielles (50m)



Piezométrie régionale
LES HAUTES-TERRES



Recharge et résurgence

Définition

La **RECHARGE** correspond à la quantité d'eau qui alimente l'aquifère depuis l'infiltration en surface. 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.



**RECHARGE,
RÉSURGENCE**
page 16

Une **RÉSURGENCE** correspond à l'exutoire de l'eau souterraine qui refait surface, soit sous forme de source, soit dans les cours d'eau ou les milieux humides. Les résurgences peuvent se produire lorsque le niveau (ou la pression) de la nappe d'un aquifère dépasse le niveau de la surface du sol.

Méthode utilisée

La recharge potentielle de l'aquifère rocheux a été calculée en réalisant un bilan hydrique spatialisé sur des mailles de 250 m x 250 m. La moyenne des moyennes annuelles de 1980 à 2010 a été utilisée pour le calcul de la recharge.

Les données de précipitations (liquides et solides) ont été fournies par le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ). Le ruissellement a été évalué en fonction de la pente, du type de sol et de son utilisation. L'évapotranspiration a été estimée à l'aide de formules théoriques en intégrant des données climatiques. La recharge « potentielle » est ensuite calculée en déduisant la part de l'évapotranspiration de l'eau non ruissellée. La recharge « réelle » est finalement estimée en fonction de l'indice de confinement, soit 100% de la recharge potentielle pour les zones de nappe libre, 50 % dans les zones semi-captives et 0% dans les zones de nappe captive.

Interprétation pour le contexte des Hautes-Terres

Les zones de recharge préférentielles (de plus de 200 mm/an) sont localisées principalement dans les Hautes-Terres où l'aquifère rocheux est en condition de nappe libre. C'est dans ce contexte que la couverture de dépôts meubles est la plus faible (principalement le manteau résiduel sur le roc) et où les précipitations neigeuses et pluvieuses sont les plus abondantes (effet orographique). Par contre, les zones de till épais sur les Hautes-Terres montrent une recharge plus faible (~ 100 mm) en raison de la faible perméabilité de cette unité géologique.

Les zones de résurgence des eaux souterraines correspondent principalement aux bris de pente des gradients hydrauliques de la piézométrie. Des résurgences et du suintement à la surface des dépôts meubles ont été constatés à plusieurs endroits au pied des crêtes rocheuses dans les secteurs de Saint-Simon, de Saint-Mathieu-de-Rioux, de Sainte-Angèle-de-Méridi, à Les Méchins et dans les vallées des rivières Neigette et Matane. Ces suintements alimentent des puits de surface à partir desquels une grande portion de la population du territoire s'approvisionne. Les tronçons de rivières coulant directement sur le roc sont aussi considérés comme des zones de résurgences de l'aquifère rocheux.



F La recharge est faible sur toute la longueur de la vallée de la rivière Trois-Pistoles.

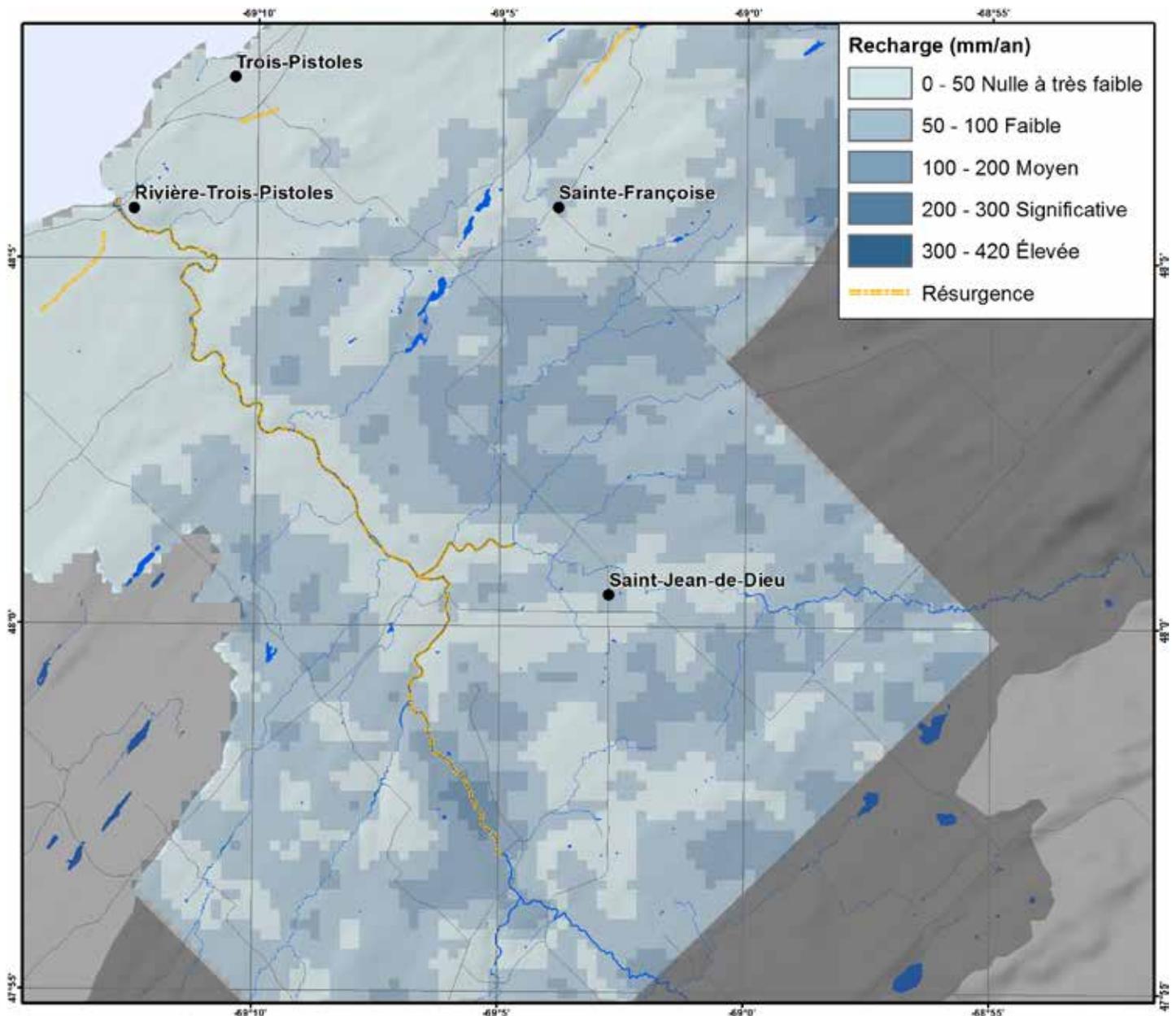
Vrai Faux

F On retrouve rarement des zones de recharge significative à élevée dans ce secteur d'étude.

Vrai Faux

M De nombreux facteurs influencent la recharge, dont le climat, la végétation, l'occupation du territoire et les propriétés des sols, des dépôts et du roc. Outre les précipitations, quel est le facteur ayant généralement le plus d'influence?

M Pourquoi est-ce important de protéger en priorité les zones de recharge plus élevée de l'eau souterraine?



Recharge et résurgences
LES HAUTES-TERRES

0 1 2 4 6 8 Km

1 / 150 000



Vulnérabilité

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.



**VULNÉRABILITÉ,
DRASTIC** page 17

Méthode utilisée

La vulnérabilité a été évaluée, sur des mailles de 250 m x 250 m, pour l'aquifère rocheux régional à l'aide de la méthode **DRASTIC**, qui permet le calcul d'un indice à partir de 7 paramètres physiques et hydrogéologiques. L'indice DRASTIC peut varier de 23 à 226. La légende est adaptée de la nouvelle classification faite par le MDDELCC dans le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (Gouvernement du Québec, 2015b) :

- Très faible : indice de moins de 60,
- Faible : indice entre 60 et 100,
- Moyen : indice entre 100 et 140,
- Significative : indice entre 140 et 180,
- Élevé : indice de 180 ou plus.

Interprétation pour le contexte des Hautes-Terres

L'indice DRASTIC varie de 38 à 171 sur le territoire du nord-est du Bas-Saint-Laurent. La classe correspondant à une vulnérabilité élevée n'est pas présente. Seulement 2% du territoire affiche un indice DRASTIC très faible. La majeure partie du territoire a un indice de vulnérabilité variant entre moyen (45%) et significatif (41%).

Les Hautes-Terres présentent un indice DRASTIC variant entre moyen et significatif. La faible épaisseur de dépôt, conjuguée aux taux de recharge annuelle élevée et au niveau de nappe très près de la surface, fait en sorte que les Hautes-Terres constituent le contexte hydrogéologique le plus sensible de tout le territoire face à des contaminations potentielles depuis la surface.



F Dans les Hautes-Terres, on retrouve en majorité des zones à vulnérabilité « moyenne ».

Vrai Faux

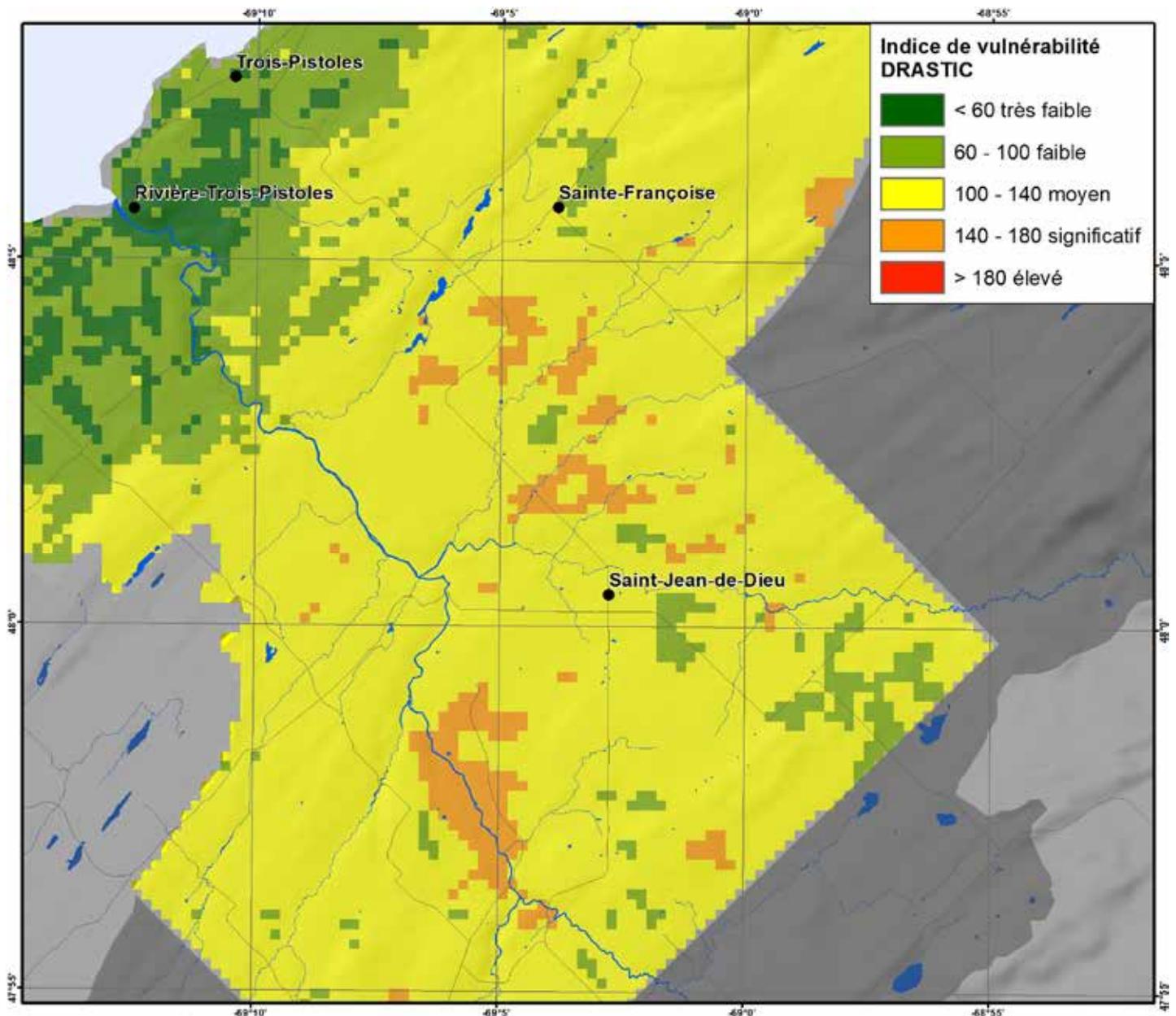
M Les zones où la vulnérabilité est « significative » correspondent à des secteurs où la recharge est plus importante.

Vrai Faux

D Cette carte permet de déterminer la vulnérabilité de l'aire d'alimentation d'un puits.

Vrai Faux

M Quels facteurs principaux font en sorte que les Hautes-Terres constituent le contexte hydrogéologique le plus sensible de tout le territoire du nord-est du Bas-Saint-Laurent face à des contaminations potentielles depuis la surface?

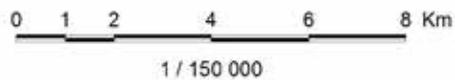


Indice de vulnérabilité DRASTIC

■	< 60 très faible
■	60 - 100 faible
■	100 - 140 moyen
■	140 - 180 significatif
■	> 180 élevé



**Vulnérabilité DRASTIC de l'aquifère rocheux
LES HAUTES-TERRES**



Qualité de l'eau – Critères pour l'eau potable

Définition

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.



**CONCENTRATIONS
MAXIMALES
ACCEPTABLES**

page 18

Méthode utilisée

Durant le projet PACES-NEBSL, 164 puits ont été échantillonnés dans les aquifères fracturés et granulaires du nord-est du Bas-Saint-Laurent.

Interprétation pour l'ensemble du territoire du nord-est du Bas-Saint-Laurent

Les dépassements de CMA pour les quatre paramètres suivants ont été relevés pour l'ensemble de la zone à l'étude (pas seulement pour les Hautes-Terres) :

Paramètre	Concentration maximale acceptable (CMA)	Nombre de dépassements de la CMA	Proportion des échantillons	Norme fondée sur :
Antimoine (Sb)	0,006 mg/L	1	0,6 %	Changements microscopiques au niveau des organes et des tissus (thymus, reins, foie, rate, thyroïde)
Arsenic (As)	0,01 mg/L	2	1,2 %	Cancer (poumon, vessie, foie et peau); effets cutanés, vasculaires et neurologiques (engourdissement et picotement des extrémités)
Fluorures (F)	1,5 mg/L	6	3,7 %	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)
Nitrites -Nitrates (NO ₂ -NO ₃)	10 mg N/L	5	3,0 %	Méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu) et effets sur la fonction de la glande thyroïde chez les nourrissons alimentés au biberon; probablement cancérigène lorsqu'ingéré dans des conditions qui entraînent une nitrosation endogène

Quatre des puits ayant un dépassement en fluorures sont dans le roc. Ils se trouvent en contexte semi-captif ou captif, ce qui laisse penser que la présence de fluorures est d'origine naturelle et intimement liée à la composition minéralogique des unités rocheuses.

Les dépassements en nitrites-nitrates se retrouvent dans des puits situés en contexte de nappe libre, ce qui laisse supposer une contamination d'origine anthropique. Les nitrites-nitrates d'origine anthropique sont fréquemment associés à l'agriculture et aux traitements des eaux usées.

Un échantillon contenant neuf fois la CMA de l'arsenic a été prélevé dans un piézomètre installé dans une nappe semi-captive granulaire. Les analyses ont aussi révélé des dépassements en baryum, antimoine, fluorures, aluminium, fer et manganèse. Le terrain ayant déjà servi de dépotoir familial d'une ferme, il est donc probable qu'une contamination anthropique soit à l'origine de tous ces dépassements. Le deuxième puits révélant un dépassement en arsenic capte une eau assez évoluée et minéralisée de l'aquifère rocheux en condition de nappe libre, à 143 m de profondeur. Aucune activité autour du puits ne laisse croire à une contamination d'origine anthropique.

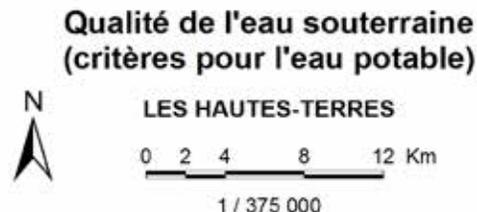
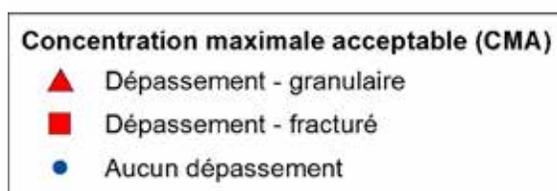
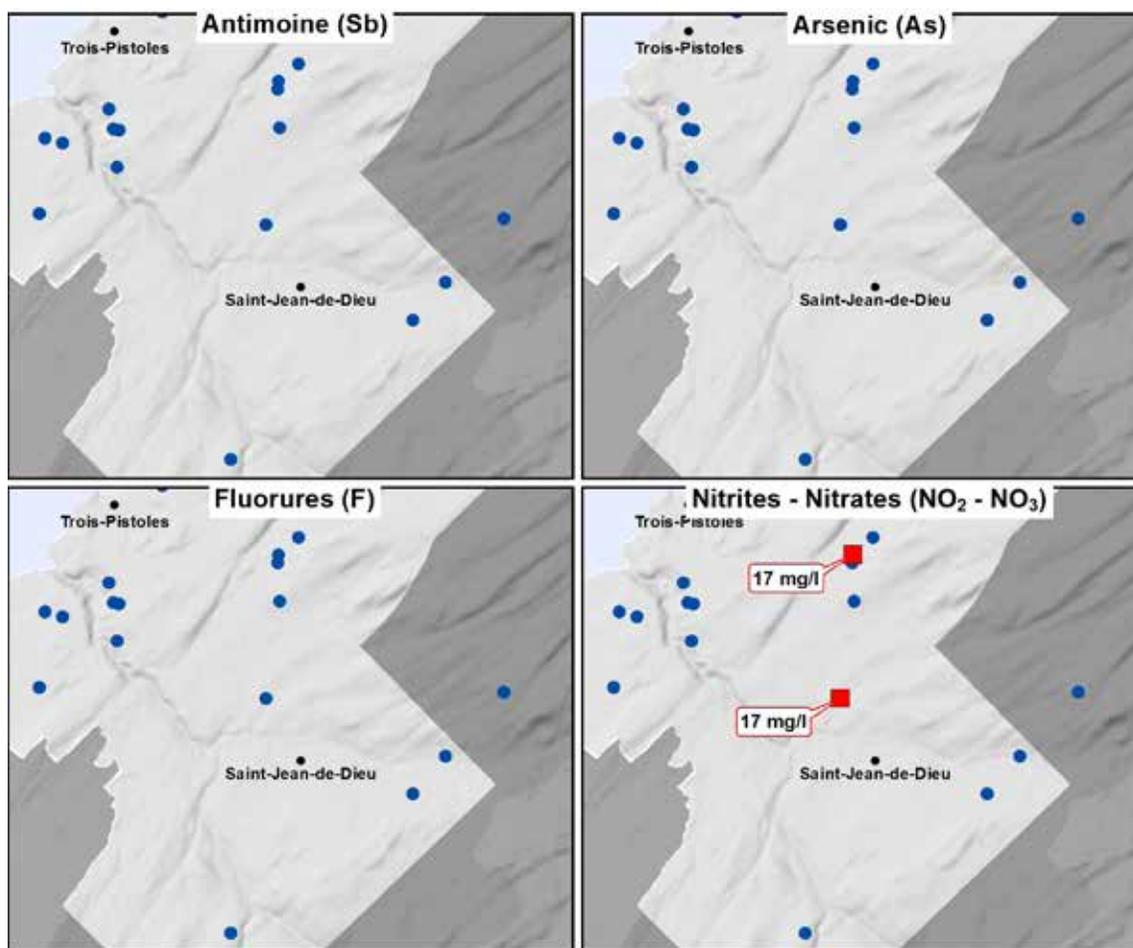
Le type d'eau de recharge (Ca-HCO₃) est le plus abondant et se retrouve sur la totalité du territoire, autant dans les zones de roc que les zones de milieux granulaires, qu'ils soient confinés, semi-confinés ou libres. Ce type d'eau est majoritaire dans les zones de recharge du territoire.

Le type d'eau très évoluée Na-Cl est uniquement présent sur la frange côtière dans l'ouest du territoire et principalement en zones de nappe captive et semi-captive.

70% des échantillons de type Na-HCO₃ se situent sous la limite marine atteinte lors de la dernière déglaciation, suggérant un lien entre les dépôts argileux laissés par la mer de Goldthwait et les eaux plus minéralisées que l'on retrouve dans cette portion du territoire.



- F** L'eau souterraine dans le secteur cartographié du contexte des Hautes-Terres présente peu de risque pour la santé humaine.
Vrai Faux
- M** Les échantillons d'eau analysés dans le cadre de cette étude ont permis de confirmer qu'aucune problématique de contamination bactériologique, de pesticide ou d'hydrocarbure n'existe sur le territoire.
Vrai Faux
- M** Pourquoi les dépassements en nitrites-nitrates sont-ils problématiques?
- D** Pour les puits d'alimentation où aucun problème lié à la qualité de l'eau n'a été identifié, pourquoi est-il tout de même recommandé de faire un suivi de la qualité de l'eau?



Qualité de l'eau - Critères esthétiques

Définition

Les **OBJECTIFS ESTHÉTIQUES** (OE) sont des recommandations concernant les caractéristiques esthétiques de l'eau potable (couleur, odeur, goût et autres désagréments), mais n'ayant pas d'effets néfastes reconnus sur la santé humaine.



OBJECTIFS ESTHÉTIQUES
page 18

Méthode utilisée

Durant le projet PACES-NEBSL, 164 puits ont été échantillonnés dans les aquifères fracturés et granulaires du nord-est du Bas-Saint-Laurent.

Interprétation pour l'ensemble du territoire du nord-est du Bas-Saint-Laurent

Les dépassements d'OE pour les sept paramètres suivants ont été relevés pour l'ensemble de la zone à l'étude (pas seulement pour les Hautes-Terres) :

Paramètre	Objectif esthétique (OE)	Nombre de dépassements de l'OE	Proportion des échantillons	Recommandation fondée sur :
Aluminium (Al)	≤ 0,1 mg/L	3	1,8 %	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	≤ 250 mg/L	9	5,5 %	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Fer (Fe)	≤ 0,3 mg/L	16	9,8 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	≤ 0,05 mg/L	41	25 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Sodium (Na)	≤ 200 mg/L	8	4,9 %	Goût
Sulfures (S)	≤ 0,05 mg/L	4	2,4 %	Goût et odeur
pH	entre 6,5 et 8,5	33	20,1 %	Influence sur la formation des sous-produits de la désinfection et l'efficacité du traitement

Les valeurs élevées de manganèse ont été observées partout sur le territoire, soit dans 24% des puits aménagés dans l'aquifère rocheux et 28% des puits installés dans les dépôts granulaires.

Dans 16 puits, dont 13 situés dans l'aquifère fracturé, les valeurs de pH oscillent entre 5,7 et 6,5. Les valeurs alcalines quant à elles varient entre 8,5 et 9,7 et sont présentes dans 17 des puits échantillonnés.

Les dépassements en fer, moins nombreux, se retrouvent aussi sur l'ensemble du territoire. Deux valeurs dépassent de plus de 25 fois la limite.

Les dépassements en chlorures ont été relevés dans dix puits différents, dont trois dans des puits localisés sur le bord du fleuve dans le secteur du marais de Cap-Marteau. Dans six de ces dix puits, des dépassements en sodium sont aussi présents. Ces derniers sont principalement situés sur la Plaine Côtière et uniquement dans l'ouest du territoire.

Seulement quatre puits présentent des dépassements pour les sulfures. Ils sont situés entre les municipalités de Rimouski et de Saint-Simon. Aussi, trois puits, soit deux dans le granulaire à Saint-Mathieu-de-Rieux et un dans le roc situé à Baie-des-Sables, excèdent les recommandations concernant l'aluminium.



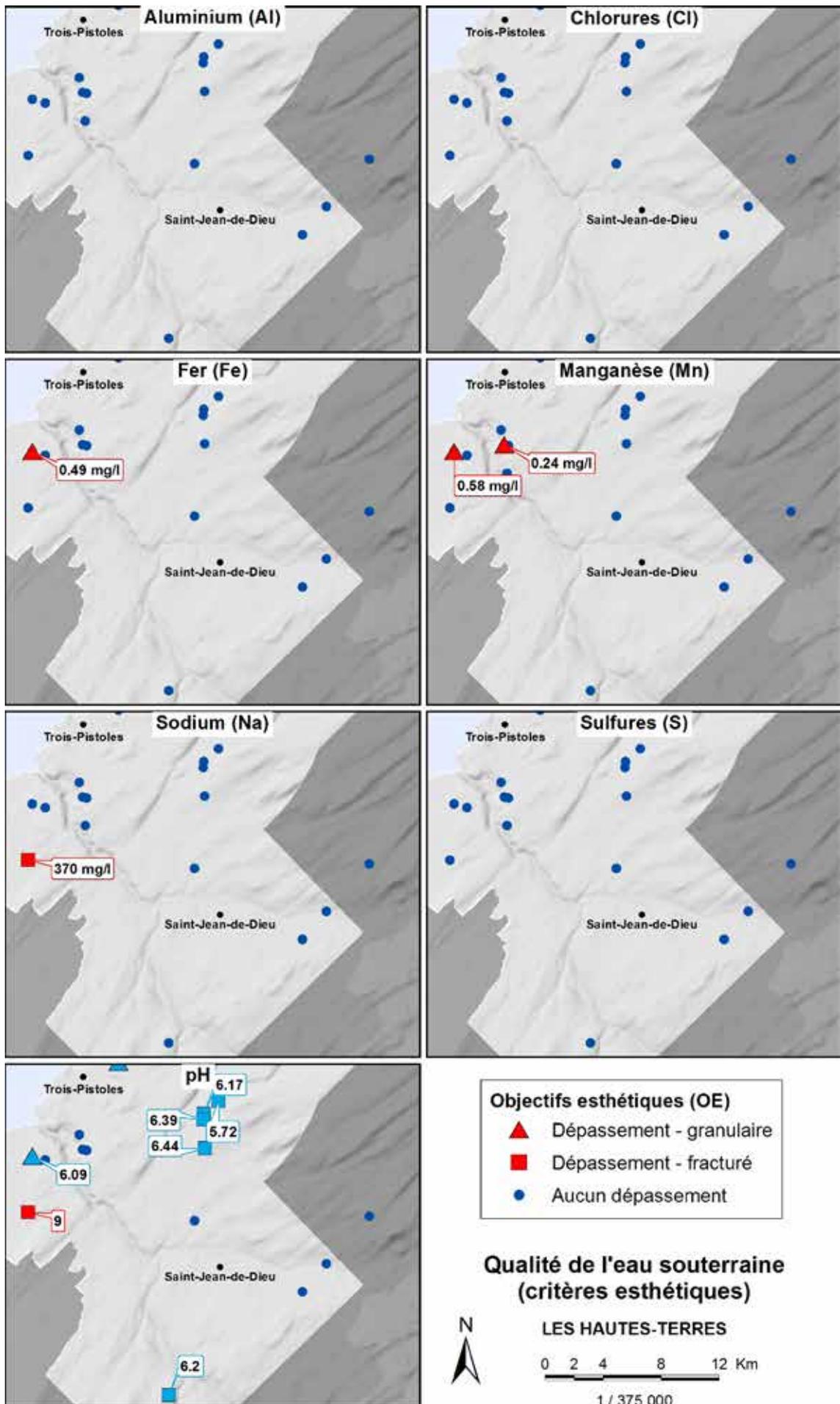
F L'eau souterraine présente rarement une odeur d'œufs pourris dans le contexte des Hautes-Terres.

Vrai Faux

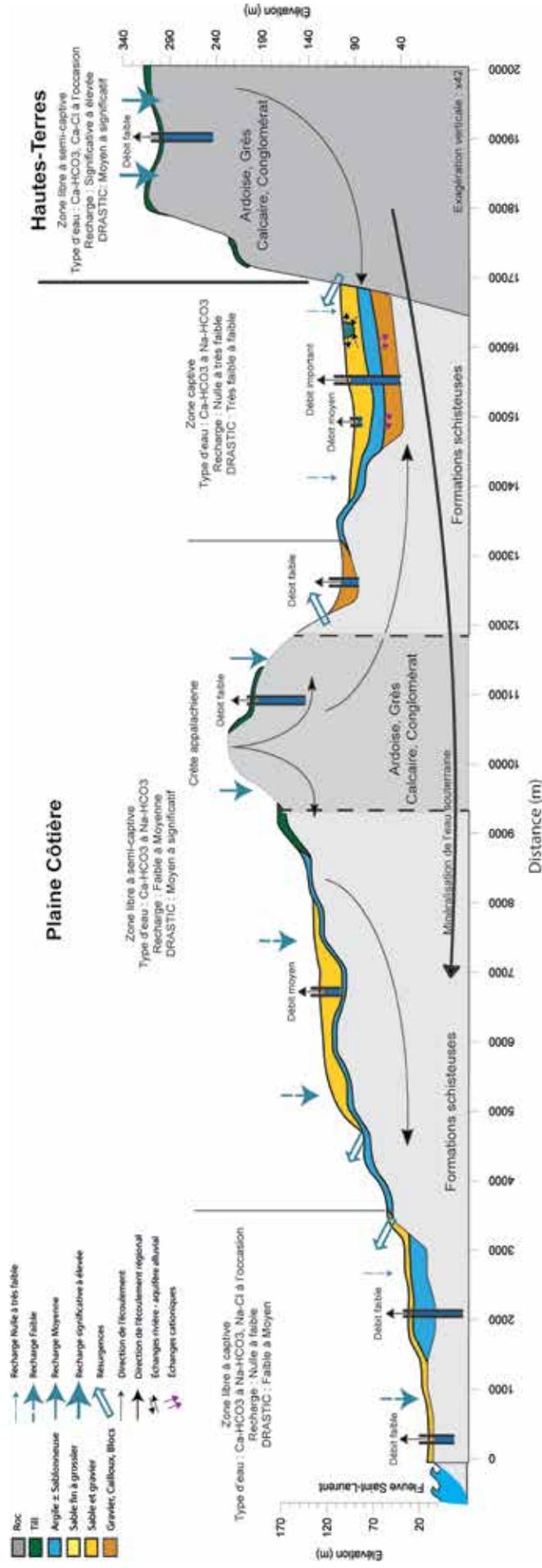
M Puisque l'eau souterraine des Hautes-Terres provient d'une recharge récente, elle est évoluée et minéralisée.

Vrai Faux

D Le quart des échantillons d'eau analysés au nord-est du Bas-Saint-Laurent présentent un dépassement en manganèse. Quel(s) problème(s) cela représente-t-il pour la consommation en eau potable?



Synthèse des contextes hydrogéologiques régionaux



F Les dépôts meubles sont partout présents en surface sur les Hautes-Terres.

Vrai Faux

F Quel est l'aquifère principal des Hautes-Terres?

F Les types de dépôts meubles sont variés sur les Hautes-Terres.

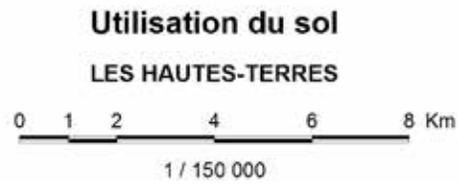
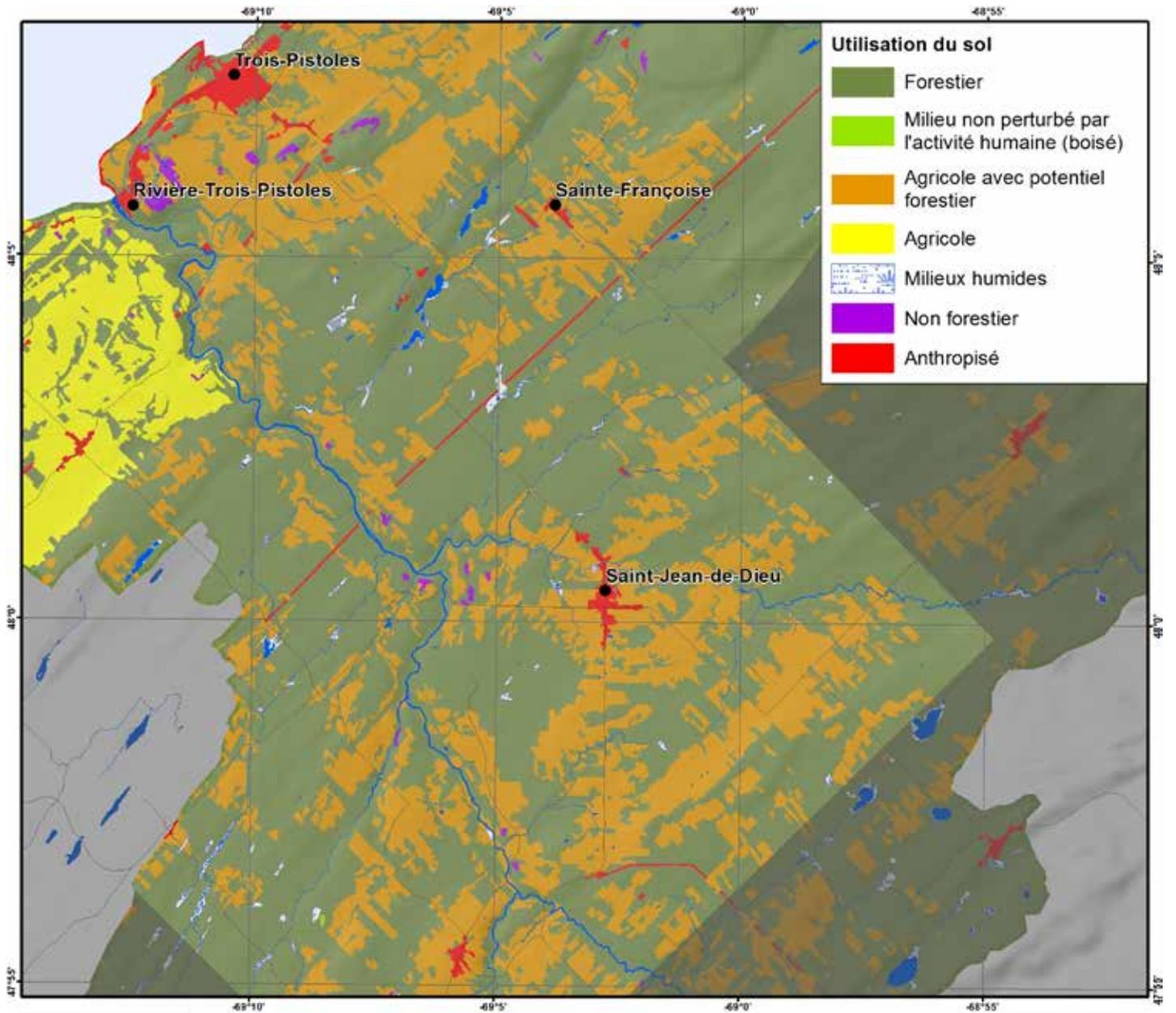
Vrai Faux

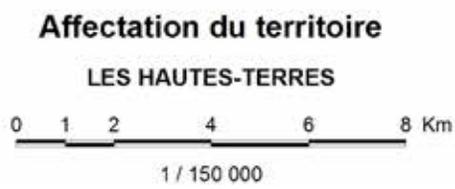
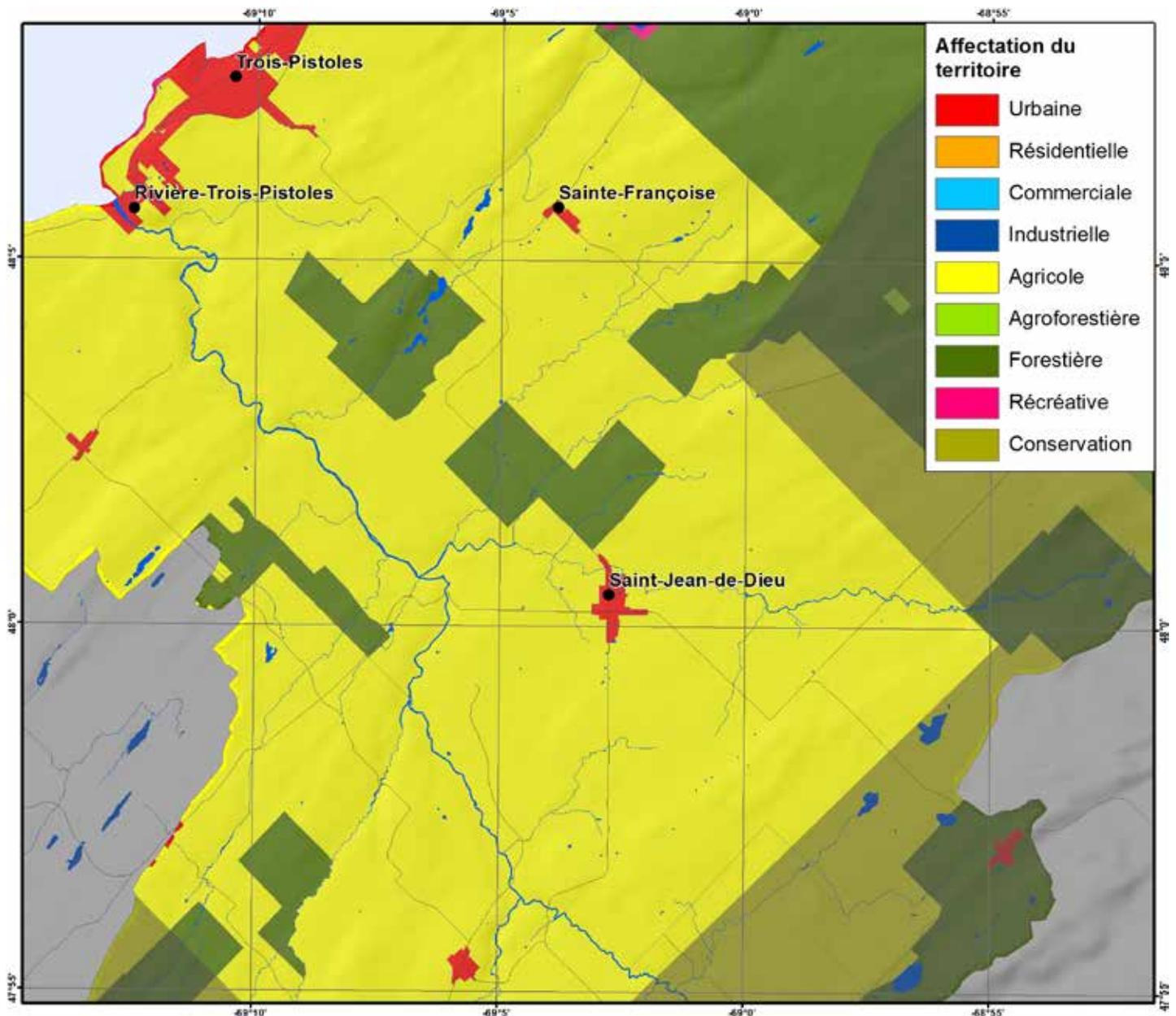
F Sur cette coupe, l'écoulement régional de l'eau souterraine sécoule d'où et vers où?

Exercice de synthèse 1 : Si demain une municipalité du contexte des Hautes-Terres devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice?

Exercice de synthèse 2 : Dans le contexte des Hautes-Terres, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

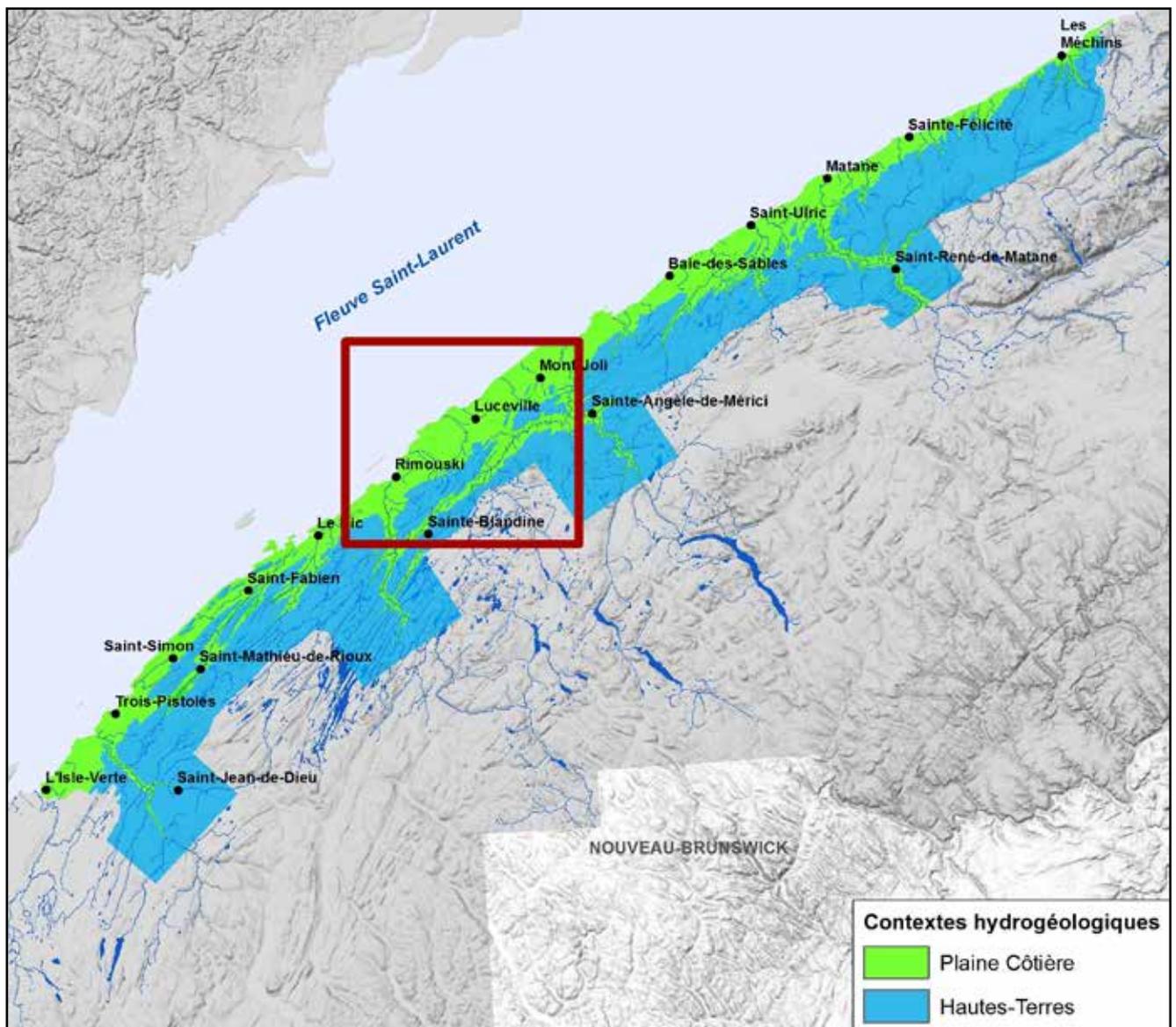
Exercice de synthèse 3 : Dans le contexte des Hautes-Terres, où pourrait-on implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines?





4

Le contexte hydrogéologique régional de la Plaine Côtière



Épaisseur des dépôts meubles

Définition

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 informations sur l'épaisseur et la texture des dépôts meubles peuvent aussi s'avérer utiles dans d'autres domaines que l'hydrogéologie comme la géotechnique et la construction de bâtiments et d'infrastructures.



AQUIFÈRE, AQUITARD page 12,
DÉPÔTS MEUBLES, page 13

Méthode utilisée

Les données utilisées proviennent des forages et des levés sismiques réalisés dans le cadre du projet, ainsi que les bases de données de forages du SIH, du MTQ, de la compilation des rapports de recherche en eau des municipalités du territoire et de la carte des dépôts meubles. Les épaisseurs des différentes unités hydrostratigraphiques provenant de ces différentes sources ont toutes été additionnées et spatialisées sur des mailles de 250 m x 250 m.

En complément à l'estimation de l'épaisseur totale des dépôts meubles, les épaisseurs des sédiments argileux et des sédiments sus-jacents aux sédiments argileux ont aussi été estimées. Étant donné que les sédiments sous-jacents aux sédiments argileux sont très localisés et généralement de faible épaisseur, aucune carte traitant de cet aspect n'a été produite.

Interprétation pour le contexte de la Plaine Côtière

On retrouve les épaisseurs de dépôts meubles les plus importantes au niveau des deltas de Trois-Pistoles, de Saint-Anaclet, de Luceville, de Price et de Matane avec une épaisseur maximale observée de 65 m à Trois-Pistoles. Des épaisseurs considérables sont aussi présentes dans les fonds de vallées des rivières Matane (épaisseur moyenne de 30 m), Neigette (moyenne de 45 m secteur chute Neigette) et Mitis (plus 60 m à Sainte-Angèle-de-Mérici secteur confluence rivières Mitis-Neigette).

Les sédiments argileux s'étendent sur presque la totalité de la Plaine Côtière, entre les crêtes appalachiennes, ainsi que dans les fonds de vallée. Une épaisseur maximale de 60 m est observée dans le secteur de Trois-Pistoles. On retrouve également des épaisseurs de plus de 25 m autour de Rimouski et dans les vallées des rivières Neigette et Mitis.

Ce sont dans les deltas de Trois-Pistoles, de Price et de Matane, ainsi que dans le secteur de la chute Neigette et en aval de la vallée de la Matane que l'on retrouve les plus grandes épaisseurs de dépôts granulaires surmontant l'argile. Ces unités atteignent plus de 20 m par endroits.

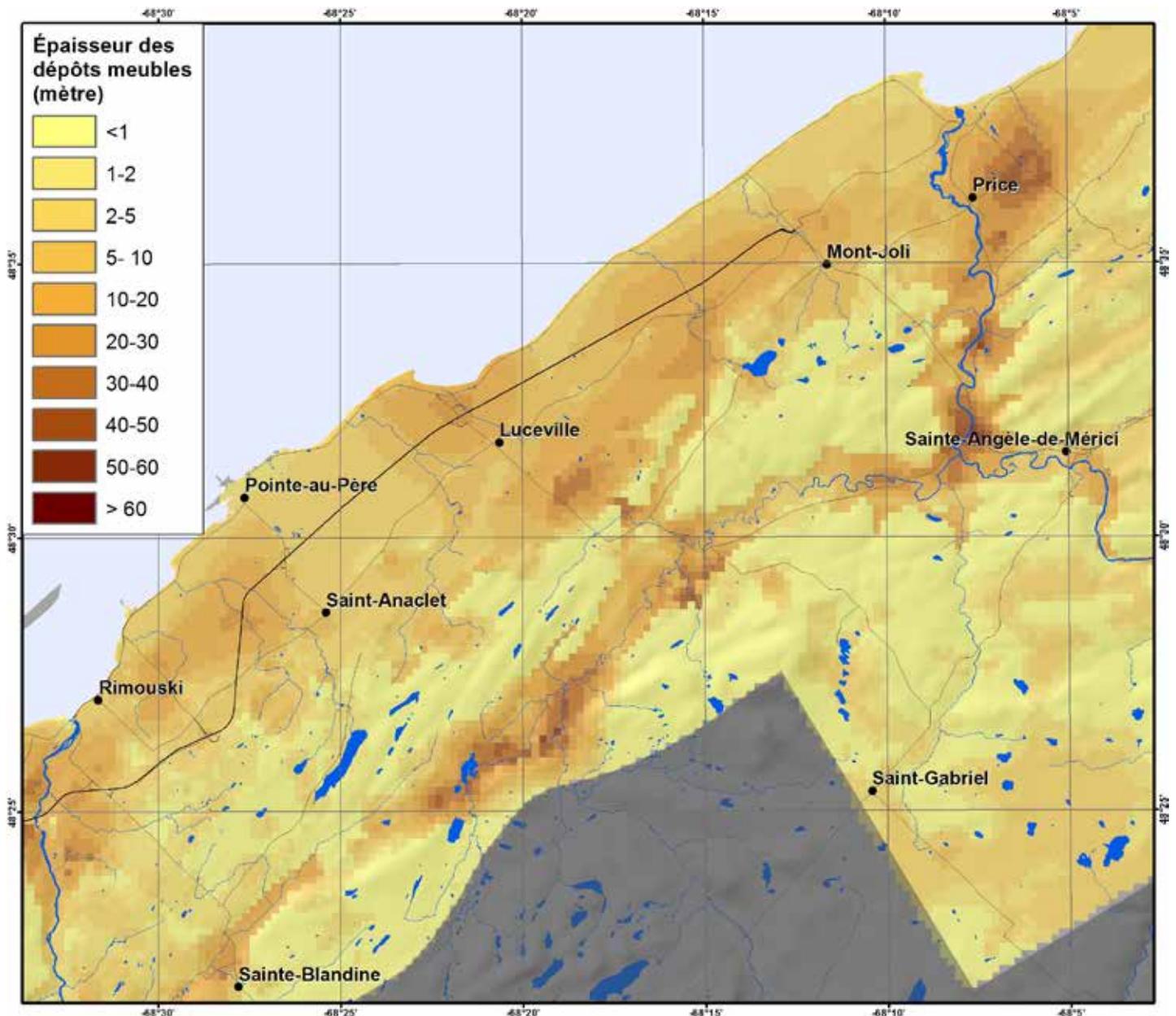


- M** Moins l'épaisseur des dépôts meubles est importante, et moins il y a de chance que l'aquifère de dépôts meubles soit productif.

Vrai Faux

- F** Quelle est l'épaisseur des dépôts meubles maximale que l'on retrouve sur la carte et où ce(s) secteur(s) se situe(nt)-il(s)?

- M** Est-ce que la carte de l'épaisseur des dépôts meubles permet de localiser les milieux aquifères de dépôts meubles (expliquez votre raisonnement)?



Épaisseur des dépôts meubles
LA PLAINE CÔTIÈRE

0 1 2 4 6 8 10 Km

1 / 200 000



Contextes hydrostratigraphiques

Définition

Les contextes hydrostratigraphiques sont définis sur la base des séquences d'empilement vertical des **DÉPÔTS MEUBLES** recouvrant le **ROC FRACTURÉ**. Ces séquences hydrostratigraphiques exercent une influence sur les conditions d'écoulement et la qualité de l'eau souterraine, et peuvent fournir des informations d'intérêt pour l'exploitation et la gestion des ressources en eau souterraine.



TYPE DE DÉPÔTS MEUBLES page 14,
ROC FRACTURÉ page 13

Méthode utilisée

Les sédiments ont été regroupés en fonction de leur potentiel hydrogéologique et de la dominance du matériau. Quatre unités hydrostratigraphiques ont été définies :

1. sédiments granulaires;
2. sédiments fins;
3. sédiments argileux;
4. roc.

La carte des contextes hydrostratigraphiques présente les regroupements effectués pour la définition des quatre unités hydrostratigraphiques. Les regroupements ont permis de définir huit séquences d'empilement vertical typiques.

Interprétation pour le contexte de la Plaine Côtière

Sur la Plaine Côtière, la séquence hydrostratigraphique dominante est celle du matériau granulaire sur matériau argileux sur roc. Cette séquence typique correspond aux sables littoraux surmontant l'argile marine de la mer de Goldthwait déposée sur le roc.

Dans les vallées, on retrouve localement des aquifères granulaires captifs sous les sédiments argileux. Ces sédiments argileux sont souvent surmontés d'une mince couche de sédiments alluviaux récents.



F On retrouve des sédiments argileux en bordure de l'estuaire du Saint-Laurent.

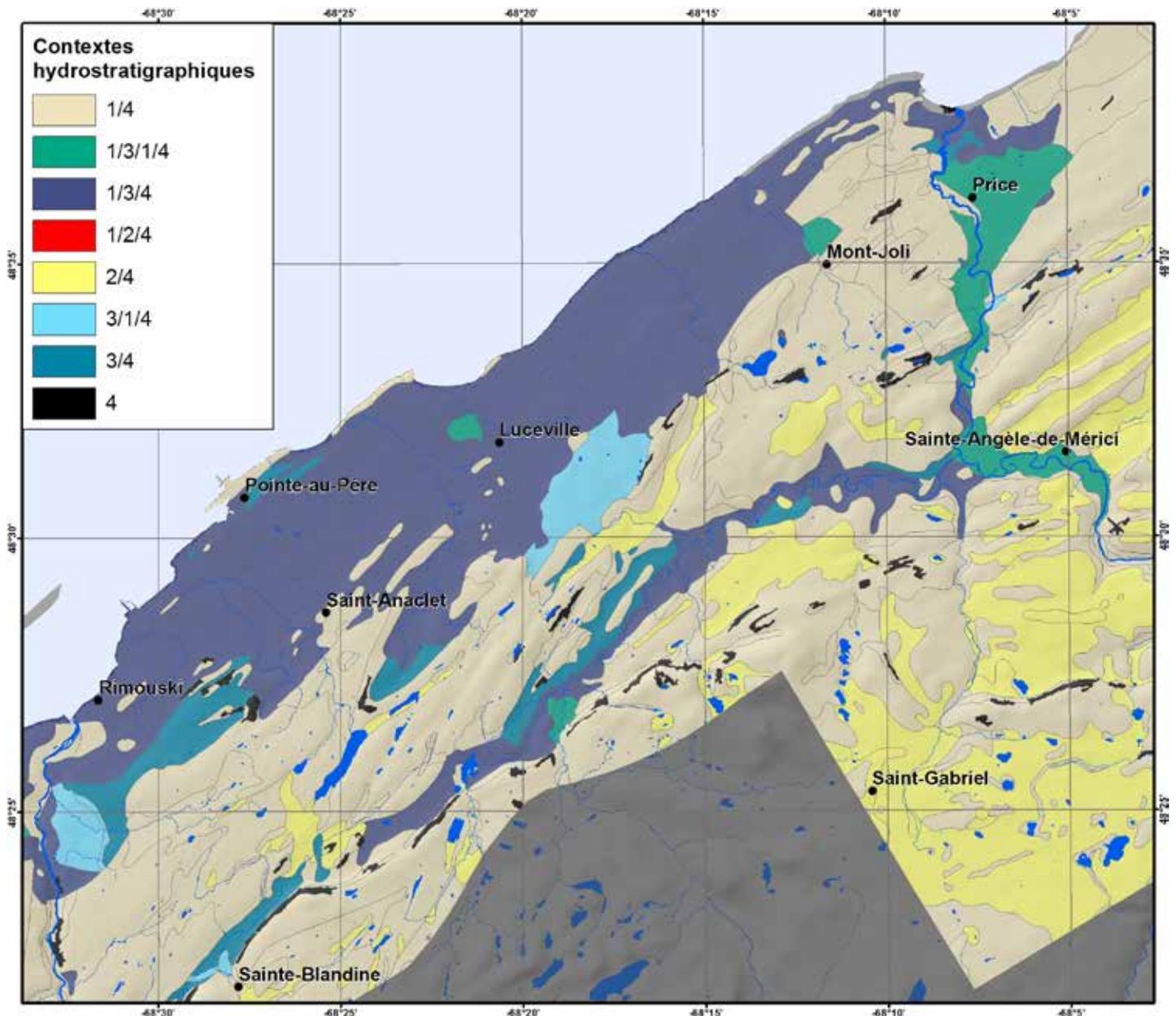
Vrai Faux

M Dans la vallée de la rivière Mitis, les sédiments granulaires se retrouvent toujours par-dessus les sédiments argileux.

Vrai Faux

M Sur la Plaine Côtière, la séquence hydrostratigraphique dominante est celle du matériau granulaire sur matériau argileux sur roc. Comment ces sédiments ont-ils été mis en place?

D Pourquoi la présence d'un dépôt meuble perméable sur la carte n'assure-t-elle pas nécessairement la présence d'un aquifère ayant un bon potentiel d'exploitation?



Contextes hydrostratigraphiques

Light tan	1/4
Green	1/3/1/4
Dark blue	1/3/4
Red	1/2/4
Yellow	2/4
Light blue	3/1/4
Dark teal	3/4
Black	4



Contextes hydrostratigraphiques

LA PLAINE CÔTIÈRE



1 / 200 000



Conditions de confinement

Définition

Les conditions de confinement d'un aquifère sont liées à son recouvrement par une couche de matériaux peu perméables (aquitard) qui isole de la surface l'eau souterraine qu'il contient. La nature et l'épaisseur des dépôts meubles ou des unités géologiques déterminent le niveau de confinement des aquifères, qui va de non confiné (**NAPPE LIBRE**), à semi-confiné (**NAPPE SEMI-CAPTIVE**) et jusqu'à confiné (**NAPPE CAPTIVE**). Le confinement influence les divers processus dynamiques et chimiques de l'eau souterraine, en limitant ou favorisant la recharge de l'aquifère ou encore sa protection par rapport à une contamination provenant de la surface.



**NAPPE LIBRE,
NAPPE CAPTIVE,
NAPPE SEMI-
CAPTIVE** page 15

Méthode utilisée

Les zones de confinement ont été déterminées pour l'aquifère rocheux par l'interpolation des épaisseurs des sédiments fins. La carte des dépôts meubles et des affleurements rocheux a aussi été utilisée pour combler les zones où il n'y avait aucun forage. Les différents critères utilisés pour définir les conditions de confinement sont :

- **Nappe captive** : plus de 3 m de sédiments argileux ou plus de 5 m de sédiments fins,
- **Nappe semi-captive** : de 1 à 3 m de sédiments argileux ou de 3 à 5 m de sédiments fins,
- **Nappe libre** : moins de 1 m de sédiments argileux ou moins de 3 m de sédiments fins.

Compte tenu que les aquifères granulaires apparaissent de façon discontinue et occupent des superficies plutôt limitées sur le territoire d'étude, aucune carte de confinement régionale pour ces dépôts n'a été produite.

Interprétation pour le contexte de la Plaine Côtière

Les zones de nappe captive sont principalement localisées dans les secteurs ayant une altitude inférieure à 120 m, altitude légèrement inférieure à la limite d'immersion marine de la mer de Goldthwait. Ces secteurs correspondent entre autres à la Plaine Côtière, au fond des vallées (ex.: des rivières Mitis, Neigette ou Sud-Ouest) et aux sillons situés entre deux crêtes appalachiennes (ex. : le long de la route 132, secteurs de Saint-Simon / Saint-Fabien).

Les zones de nappe libre correspondent aux zones de manteau résiduel et d'affleurements rocheux.



F Le centre-ville de Rimouski repose sur une nappe captive.

Vrai Faux

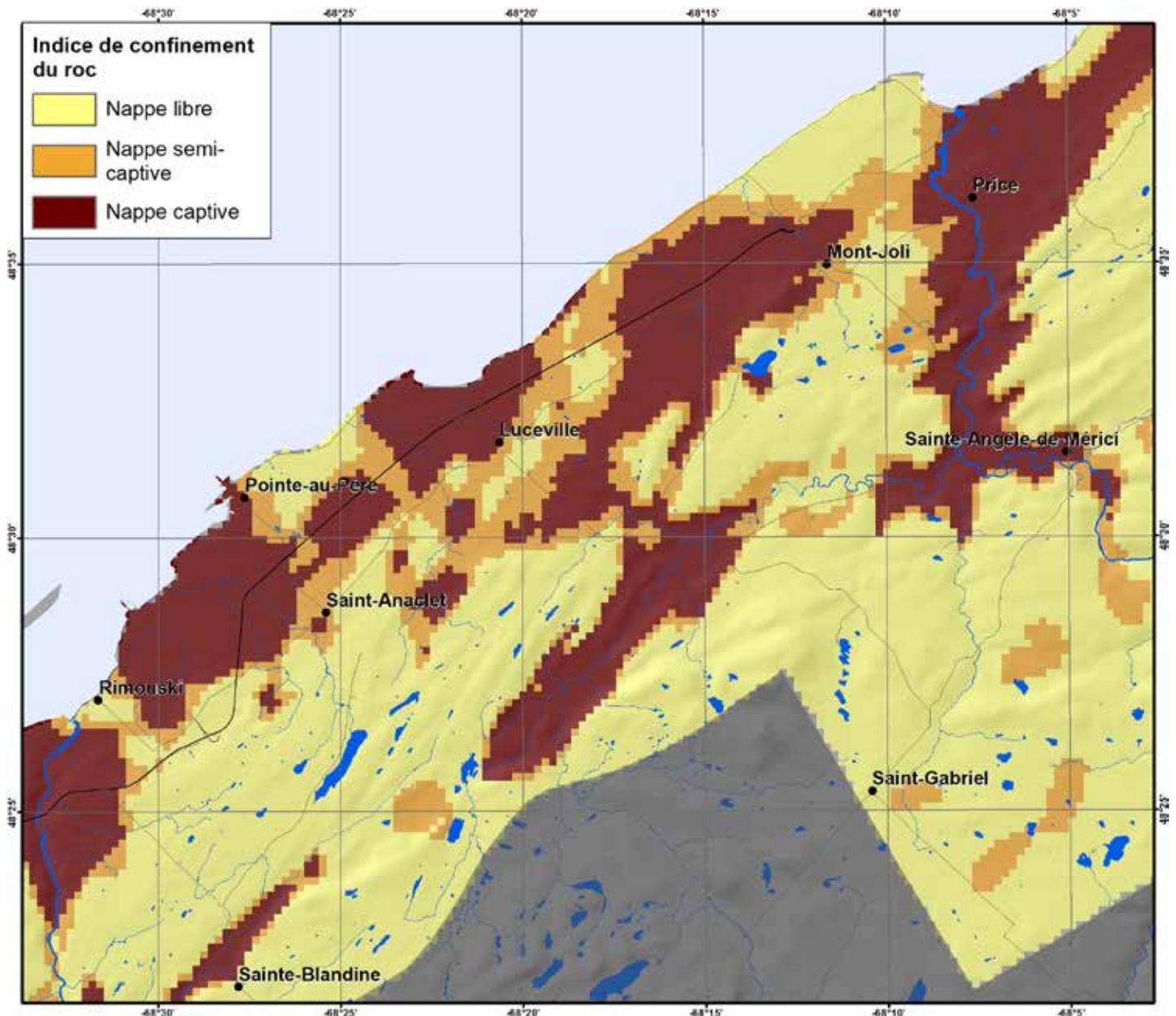
M Partout où il y a de l'argile, les conditions sont à nappe captive.

Vrai Faux

M Une nappe captive est alimentée par l'eau des précipitations.

Vrai Faux

D Est-il plus avantageux d'exploiter un aquifère en condition de nappe libre ou de nappe captive?



Indice de confinement du roc
LA PLAINE CÔTIÈRE
 0 1 2 4 6 8 10 Km
 1 / 200 000



Piézométrie

Définition

Le **NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE** correspond à l'élévation du niveau d'eau mesuré dans un puits. Si l'aquifère est à nappe libre, ce niveau correspond également à l'élévation de la **NAPPE** dans l'aquifère. Si l'aquifère est à nappe captive, le niveau d'eau dans le puits se trouve au-dessus du toit de l'aquifère, puisque celui-ci est sous pression. La carte piézométrique représente l'élévation de la nappe dans un aquifère à nappe libre et la pression dans un aquifère à nappe captive. La **PIÉZOMÉTRIE** indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère, qui va des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie est plus basse. On obtient ainsi une vue d'ensemble de la dynamique de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère.



NAPPE page 12,
PIÉZOMÉTRIE,
NIVEAU
PIÉZOMÉTRIQUE
page 16,

Méthode utilisée

Différentes sources d'information ont été utilisées pour le développement de la carte piézométrique : la base de données du SIH, la compilation des rapports hydrogéologiques de la région, le réseau de suivi du MDDELCC et les niveaux d'eau prélevés lors des campagnes d'échantillonnage et de forages. Les charges hydrauliques ont été spatialisées sur des mailles de 250 m x 250 m.

Puisqu'il a été assumé qu'il y a un lien hydraulique entre les deux types d'aquifères, autant les niveaux provenant des aquifères granulaires ainsi que rocheux ont été pris en compte dans la création de la piézométrie régionale.

Interprétation pour le contexte de la Plaine Côtière

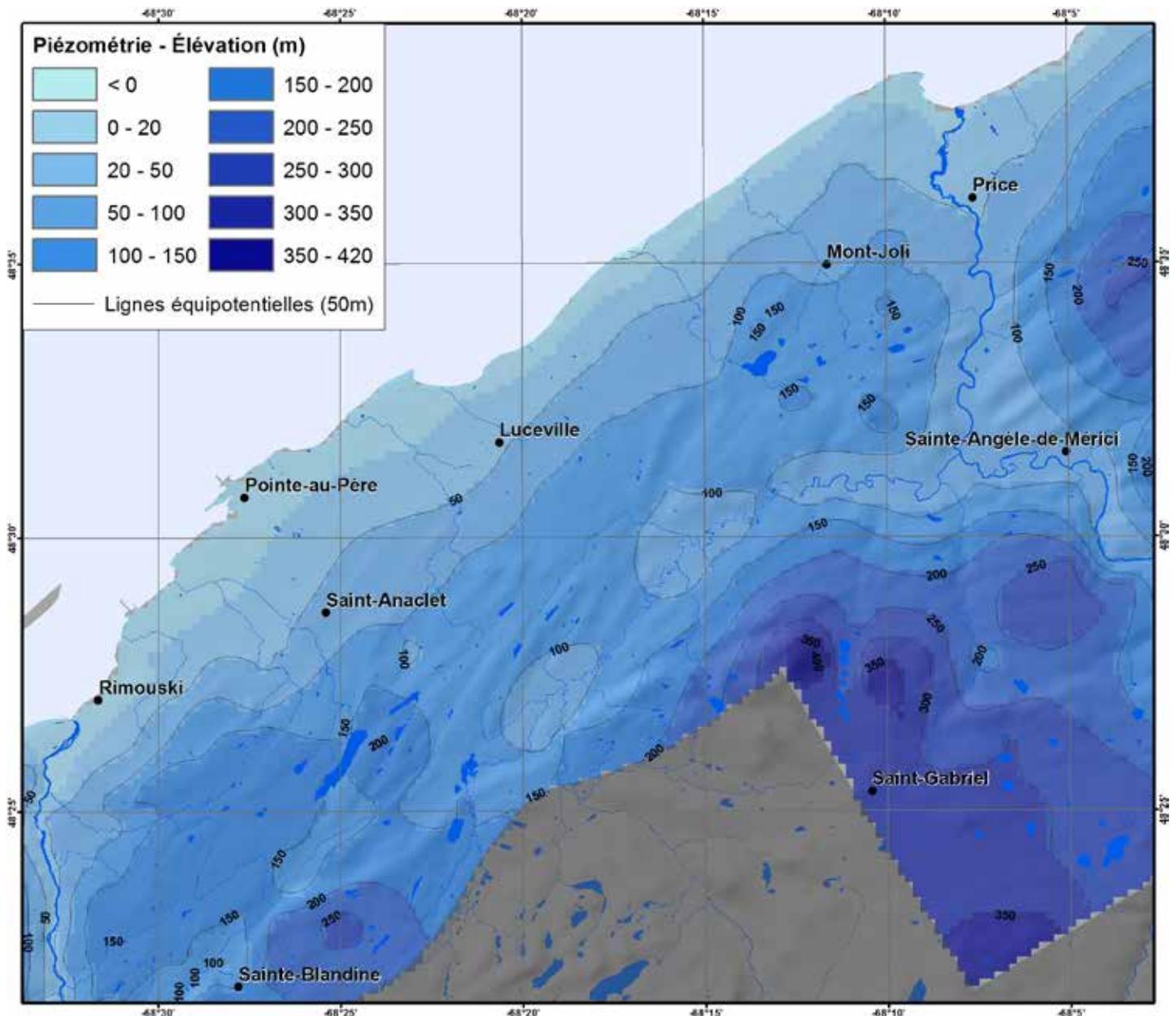
Les valeurs des niveaux piézométriques s'échelonnent de 423 m NMM aux sommets piézométriques sur les Hautes-Terres à -15 m NMM à proximité de l'estuaire maritime.

Les niveaux les plus bas observés se trouvent dans les secteurs du Bic, de Trois-Pistoles, de L'Isle-Verte et de Baie-des-Sables. La carte piézométrique montre que les écoulements souterrains suivent la topographie de surface. L'écoulement se fait donc de manière générale du sud du territoire vers l'estuaire, mis à part dans les vallées orientées ouest-est (Neigette, Sud-Ouest) où les écoulements suivent cette direction. La piézométrie montre que les rivières drainent l'aquifère régional.

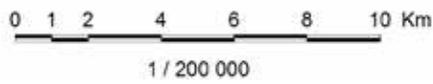
Les gradients hydrauliques sont faibles dans les fonds de vallées et sur la Plaine Côtière, ce qui signifie que les écoulements sont quasi horizontaux.



- F** Dans le contexte de la Plaine Côtière, l'écoulement souterrain régional s'effectue de manière générale depuis les Hautes-Terres vers l'estuaire du Saint-Laurent.
- Vrai Faux
- D** La surface piézométrique étant relativement plane sur la Plaine Côtière, l'écoulement est probablement rapide et le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère est probablement court.
- Vrai Faux
- F** Comment peut-on obtenir la profondeur de la nappe depuis le niveau piézométrique?
- M** Pour une municipalité s'approvisionnant en eau souterraine, pourquoi est-ce important de déterminer le sens d'écoulement de l'eau souterraine?



Piézométrie régionale
LA PLAINE CÔTIÈRE



Recharge et résurgence

Définition

La **RECHARGE** correspond à la quantité d'eau qui alimente l'aquifère depuis l'infiltration en surface. 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.



**RECHARGE,
RÉSURGENCE**
page 16

Une **RÉSURGENCE** correspond à l'exutoire de l'eau souterraine qui refait surface, soit sous forme de source, soit dans les cours d'eau ou les milieux humides. Les résurgences peuvent se produire lorsque le niveau (ou la pression) de la nappe d'un aquifère dépasse le niveau de la surface du sol.

Méthode utilisée

La recharge potentielle de l'aquifère rocheux a été calculée en réalisant un bilan hydrique spatialisé sur des mailles de 250 m x 250 m. La moyenne des moyennes annuelles de 1980 à 2010 a été utilisée pour le calcul de la recharge.

Les données de précipitations (liquides et solides) ont été fournies par le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ). Le ruissellement a été évalué en fonction de la pente, du type de sol et de son utilisation. L'évapotranspiration a été estimée à l'aide de formules théoriques en intégrant des données climatiques. La recharge « potentielle » est ensuite calculée en déduisant la part de l'évapotranspiration de l'eau non ruissellée. La recharge « réelle » est finalement estimée en fonction de l'indice de confinement, soit 100% de la recharge potentielle pour les zones de nappe libre, 50 % dans les zones semi-captives et 0% dans les zones de nappe captive.

Interprétation pour le contexte de la Plaine Côtière

Dans la Plaine Côtière (mis à part les crêtes appalachiennes) et dans les fonds de vallées alluviales, des valeurs très faibles (voire nulles) de recharge sont estimées en raison de la présence de fortes épaisseurs de matériaux peu perméables (argile ou till) recouvrant le roc.

Les zones de résurgence des eaux souterraines correspondent principalement aux bris de pente des gradients hydrauliques de la piézométrie. Des résurgences et du suintement à la surface des dépôts meubles ont été constatés à plusieurs endroits au pied des crêtes rocheuses dans les secteurs de Saint-Simon, de Saint-Mathieu-de-Rioux, de Sainte-Angèle-de-Mérici, à Les Méchins et dans les vallées des rivières Neigette et Matane. Ces suintements alimentent des puits de surface à partir desquels une grande portion de la population du territoire s'approvisionne. Les tronçons de rivières coulant directement sur le roc sont aussi considérés comme des zones de résurgences de l'aquifère rocheux.



F L'aquifère sous le centre villageois de Luceville reçoit moins de recharge que celui sous le centre villageois de Sainte-Blandine.

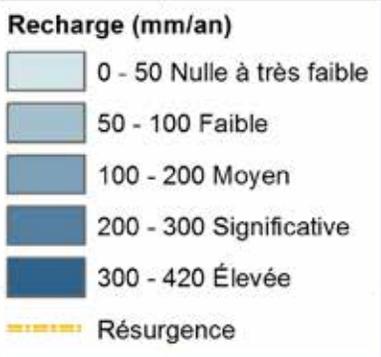
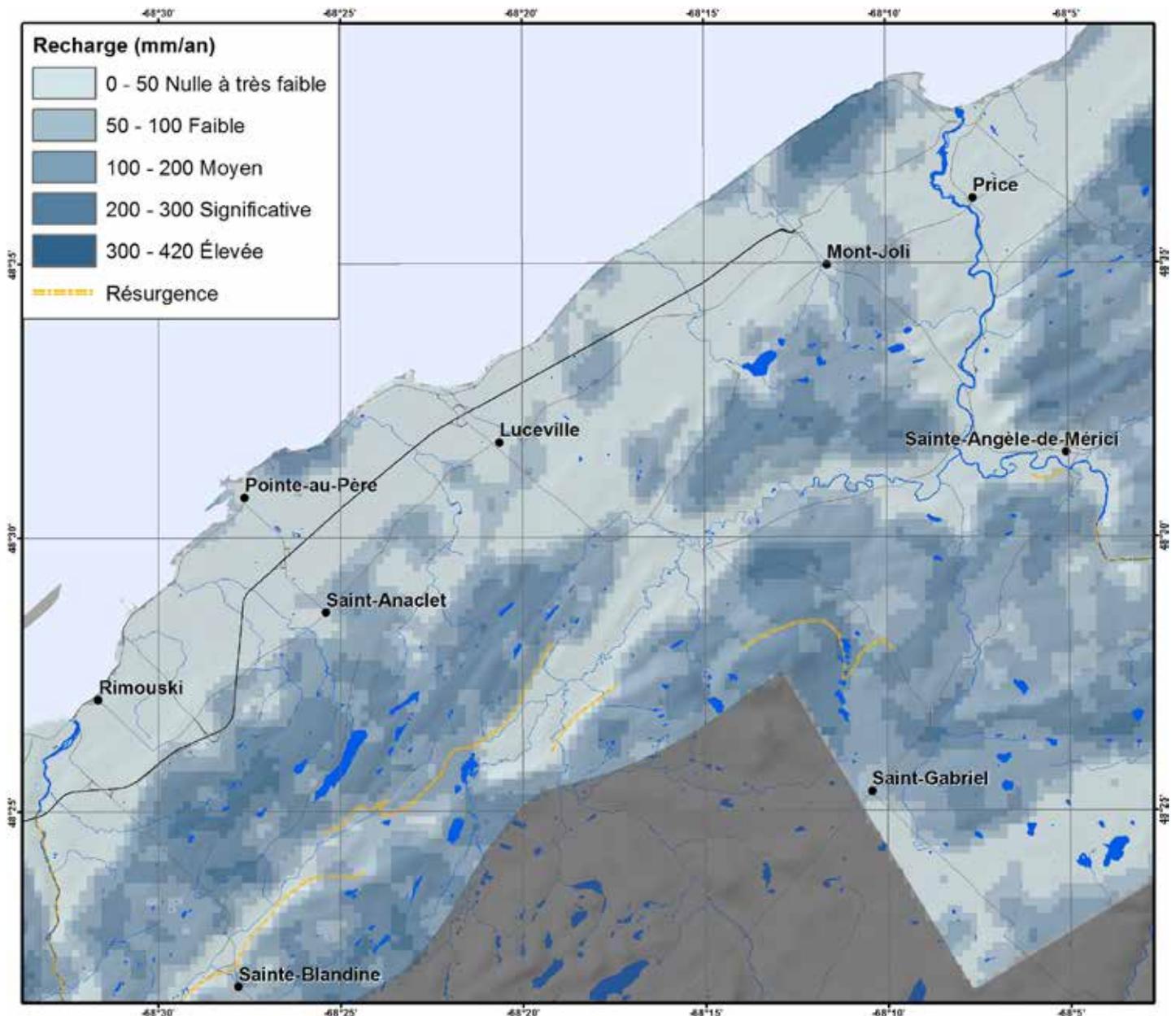
Vrai Faux

M Les zones de résurgence cartographiées correspondent toutes à des tronçons de rivière coulant directement sur le roc.

Vrai Faux

M Comment les aquifères à nappe captive sont-ils alimentés en eau souterraine?

D Comment les eaux souterraines sont-elles en lien avec les milieux humides?



Recharge et résurgences

LA PLAINE CÔTIÈRE



1 / 200 000



Vulnérabilité

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.



**VULNÉRABILITÉ,
DRASTIC** page 17

Méthode utilisée

La vulnérabilité a été évaluée, sur des mailles de 250 m x 250 m, pour l'aquifère rocheux régional à l'aide de la méthode **DRASTIC**, qui permet le calcul d'un indice à partir de 7 paramètres physiques et hydrogéologiques. L'indice DRASTIC peut varier de 23 à 226. La légende est adaptée de la nouvelle classification faite par le MDDELCC dans le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (Gouvernement du Québec, 2015b) :

- Très faible : indice de moins de 60,
- Faible : indice entre 60 et 100,
- Moyen : indice entre 100 et 140,
- Significative : indice entre 140 et 180,
- Élevé : indice de 180 ou plus.

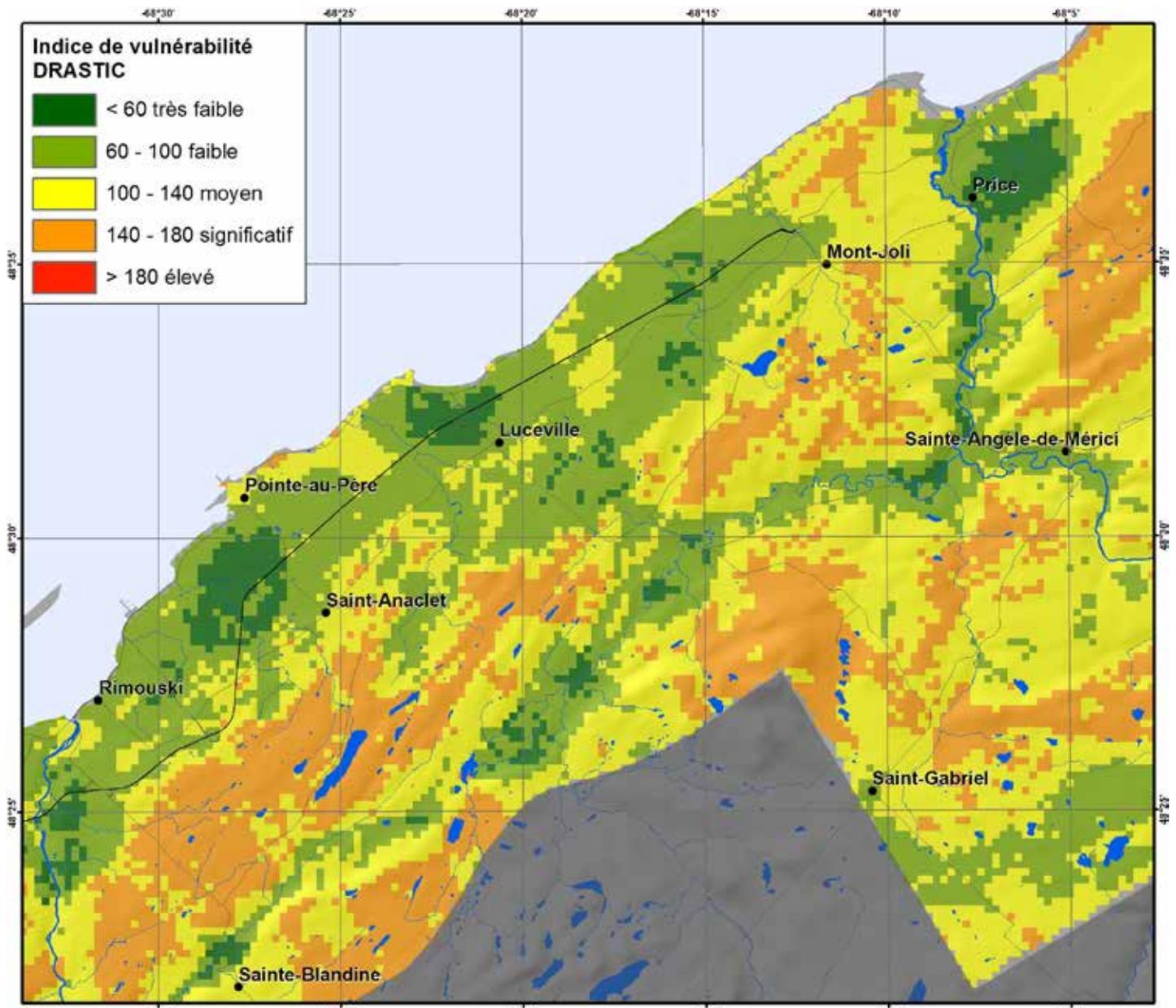
Interprétation pour le contexte de la Plaine Côtière

L'indice DRASTIC varie de 38 à 171 sur le territoire du nord-est du Bas-Saint-Laurent. La classe correspondant à une vulnérabilité élevée n'est pas présente. Seulement 2% du territoire affiche un indice DRASTIC très faible. La majeure partie du territoire a un indice de vulnérabilité variant entre moyen (45%) et significatif (41%).

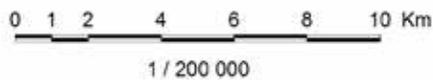
La profondeur du toit de l'aquifère, la recharge et l'indice de la zone vadose sont les paramètres qui influencent le plus le résultat du DRASTIC. Ainsi, on retrouve un indice DRASTIC faible (moins de 100) dans toutes les zones où les dépôts argileux sont présents. Ces zones où l'indice est très faible ou faible se situent principalement dans les vallées des rivières Neigette, Mitis et sur la majeure partie de la Plaine Côtière. On retrouve également un indice faible dans la vallée de Matane en raison, d'une part, de la présence de till jouant le rôle d'aquitard du socle rocheux et, d'autre part, des sédiments silto-argileux dans le secteur aval de la vallée.



- F** Le centre-ville de Mont-Joli repose sur un aquifère dont la vulnérabilité est considérée comme « faible ».
- Vrai Faux
- M** Les dépôts meubles granulaires présents dans les vallées des rivières Neigette et Mitis sont responsables des indices DRASTIC relativement faibles.
- Vrai Faux
- M** Quels sont les facteurs qui influencent le plus le résultat des indices DRASTIC dans le contexte de la Plaine Côtière?
- M** 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?



**Vulnérabilité DRASTIC de l'aquifère rocheux
LA PLAINE CÔTIÈRE**



Qualité de l'eau – Critères pour l'eau potable

Définition

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.



**CONCENTRATIONS
MAXIMALES
ACCEPTABLES**

page 18

Méthode utilisée

Durant le projet PACES-NEBSL, 164 puits ont été échantillonnés dans les aquifères fracturés et granulaires du nord-est du Bas-Saint-Laurent.

Interprétation pour l'ensemble du territoire du nord-est du Bas-Saint-Laurent

Les dépassements de CMA pour les quatre paramètres suivants ont été relevés pour l'ensemble de la zone à l'étude (pas seulement pour la Plaine Côtière) :

Paramètre	Concentration maximale acceptable (CMA)	Nombre de dépassements de la CMA	Proportion des échantillons	Norme fondée sur :
Antimoine (Sb)	0,006 mg/L	1	0,6 %	Changements microscopiques au niveau des organes et des tissus (thymus, reins, foie, rate, thyroïde)
Arsenic (As)	0,01 mg/L	2	1,2 %	Cancer (poumon, vessie, foie et peau); effets cutanés, vasculaires et neurologiques (engourdissement et picotement des extrémités)
Fluorures (F)	1,5 mg/L	6	3,7 %	Fluorose dentaire modérée (effet cosmétique)
Nitrites -Nitrates (NO ₂ -NO ₃)	10 mg N/L	5	3,0 %	Méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu) et effets sur la fonction de la glande thyroïde chez les nourrissons alimentés au biberon; probablement cancérigène lorsqu'ingéré dans des conditions qui entraînent une nitrosation endogène

Quatre des puits ayant un dépassement en fluorures sont dans le roc. Ils se trouvent en contexte semi-captif ou captif, ce qui laisse penser que la présence de fluorures est d'origine naturelle et intimement liée à la composition minéralogique des unités rocheuses.

Les dépassements en nitrites-nitrates se retrouvent dans des puits situés en contexte de nappe libre, ce qui laisse supposer une contamination d'origine anthropique. Les nitrites-nitrates d'origine anthropique sont fréquemment associés à l'agriculture et aux traitements des eaux usées.

Un échantillon contenant neuf fois la CMA de l'arsenic a été prélevé dans un piézomètre installé dans une nappe semi-captive granulaire. Les analyses ont aussi révélé des dépassements en baryum, antimoine, fluorures, aluminium, fer et manganèse. Le terrain ayant déjà servi de dépotoir familial d'une ferme, il est donc probable qu'une contamination anthropique soit à l'origine de tous ces dépassements. Le deuxième puits révélant un dépassement en arsenic capte une eau assez évoluée et minéralisée de l'aquifère rocheux en condition de nappe libre, à 143 m de profondeur. Aucune activité autour du puits ne laisse croire à une contamination d'origine anthropique.

Le type d'eau de recharge (Ca-HCO₃) est le plus abondant et se retrouve sur la totalité du territoire, autant dans les zones de roc que les zones de milieux granulaires, qu'ils soient confinés, semi-confinés ou libres. Ce type d'eau est majoritaire dans les zones de recharge du territoire.

Le type d'eau très évolué Na-Cl est uniquement présent sur la frange côtière dans l'ouest du territoire et principalement en zones de nappe captive et semi-captive.

70% des échantillons de type Na-HCO₃ se situent sous la limite marine atteinte lors de la dernière déglaciation, suggérant un lien entre les dépôts argileux laissés par la mer de Goldthwait et les eaux plus minéralisées que l'on retrouve dans cette portion du territoire.



F Dans le secteur cartographié du contexte de la Plaine Côtière, les dépassements en fluorures excèdent de plus de 10 fois la CMA.

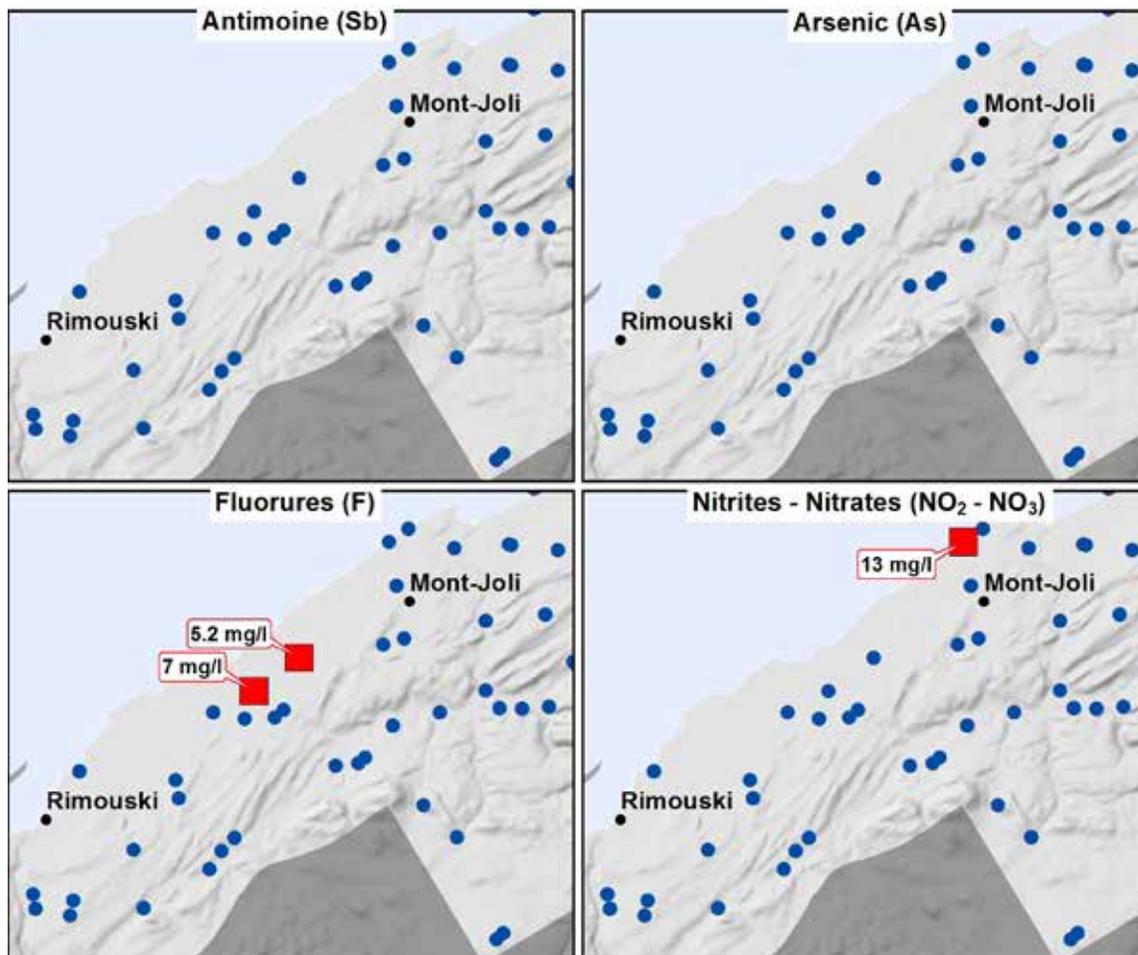
Vrai Faux

M Les contaminations en azote sous forme de nitrites et nitrates (NO₂-NO₃) pourraient être d'origine anthropique, associées à l'agriculture ou aux traitements des eaux usées.

Vrai Faux

M D'où provient la contamination en fluorures mesurée dans certains puits?

D Lorsqu'aucun dépassement de CMA n'est observé dans un puits échantillonné dans le cadre du PACES, est-ce que l'eau peut être consommée sans traitement (expliquez votre raisonnement)?



Concentration maximale acceptable (CMA)

- Dépassement - granulaire
- Dépassement - fracturé
- Aucun dépassement

Qualité de l'eau souterraine
(critères pour l'eau potable)



LA PLAINE CÔTIÈRE

0 2 4 8 12 16 20 Km

1 / 500 000

Qualité de l'eau - Critères esthétiques

Définition

Les **OBJECTIFS ESTHÉTIQUES** (OE) sont des recommandations concernant les caractéristiques esthétiques de l'eau potable (couleur, odeur, goût et autres désagréments), mais n'ayant pas d'effets néfastes reconnus sur la santé humaine.



OBJECTIFS ESTHÉTIQUES
page 18

Méthode utilisée

Durant le projet PACES-NEBSL, 164 puits ont été échantillonnés dans les aquifères fracturés et granulaires du nord-est du Bas-Saint-Laurent.

Interprétation pour l'ensemble du territoire du nord-est du Bas-Saint-Laurent

Les dépassements d'OE pour les sept paramètres suivants ont été relevés pour l'ensemble de la zone à l'étude (pas seulement pour la Plaine Côtière) :

Paramètre	Objectif esthétique (OE)	Nombre de dépassements de l'OE	Proportion des échantillons	Recommandation fondée sur :
Aluminium (Al)	≤ 0,1 mg/L	3	1,8 %	Considérations opérationnelles du traitement de l'eau
Chlorures (Cl)	≤ 250 mg/L	9	5,5 %	Goût et possibilité de corrosion du réseau de distribution
Fer (Fe)	≤ 0,3 mg/L	16	9,8 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Manganèse (Mn)	≤ 0,05 mg/L	41	25 %	Goût et taches sur la lessive et les accessoires de plomberie
Sodium (Na)	≤ 200 mg/L	8	4,9 %	Goût
Sulfures (S)	≤ 0,05 mg/L	4	2,4 %	Goût et odeur
pH	entre 6,5 et 8,5	33	20,1 %	Influence sur la formation des sous-produits de la désinfection et l'efficacité du traitement

Les valeurs élevées de manganèse ont été observées partout sur le territoire, soit dans 24% des puits aménagés dans l'aquifère rocheux et 28% des puits installés dans les dépôts granulaires.

Dans 16 puits, dont 13 situés dans l'aquifère fracturé, les valeurs de pH oscillent entre 5,7 et 6,5. Les valeurs alcalines quant à elles varient entre 8,5 et 9,7 et sont présentes dans 17 des puits échantillonnés.

Les dépassements en fer, moins nombreux, se retrouvent aussi sur l'ensemble du territoire. Deux valeurs dépassent de plus de 25 fois la limite.

Les dépassements en chlorures ont été relevés dans dix puits différents, dont trois dans des puits localisés sur le bord du fleuve dans le secteur du marais de Cap-Marteau. Dans six de ces dix puits, des dépassements en sodium sont aussi présents. Ces derniers sont principalement situés sur la Plaine Côtière et uniquement dans l'ouest du territoire.

Seulement quatre puits présentent des dépassements pour les sulfures. Ils sont situés entre les municipalités de Rimouski et de Saint-Simon. Aussi, trois puits, soit deux dans le granulaire à Saint-Mathieu-de-Rieux et un dans le roc situé à Baie-des-Sables, excèdent les recommandations concernant l'aluminium.



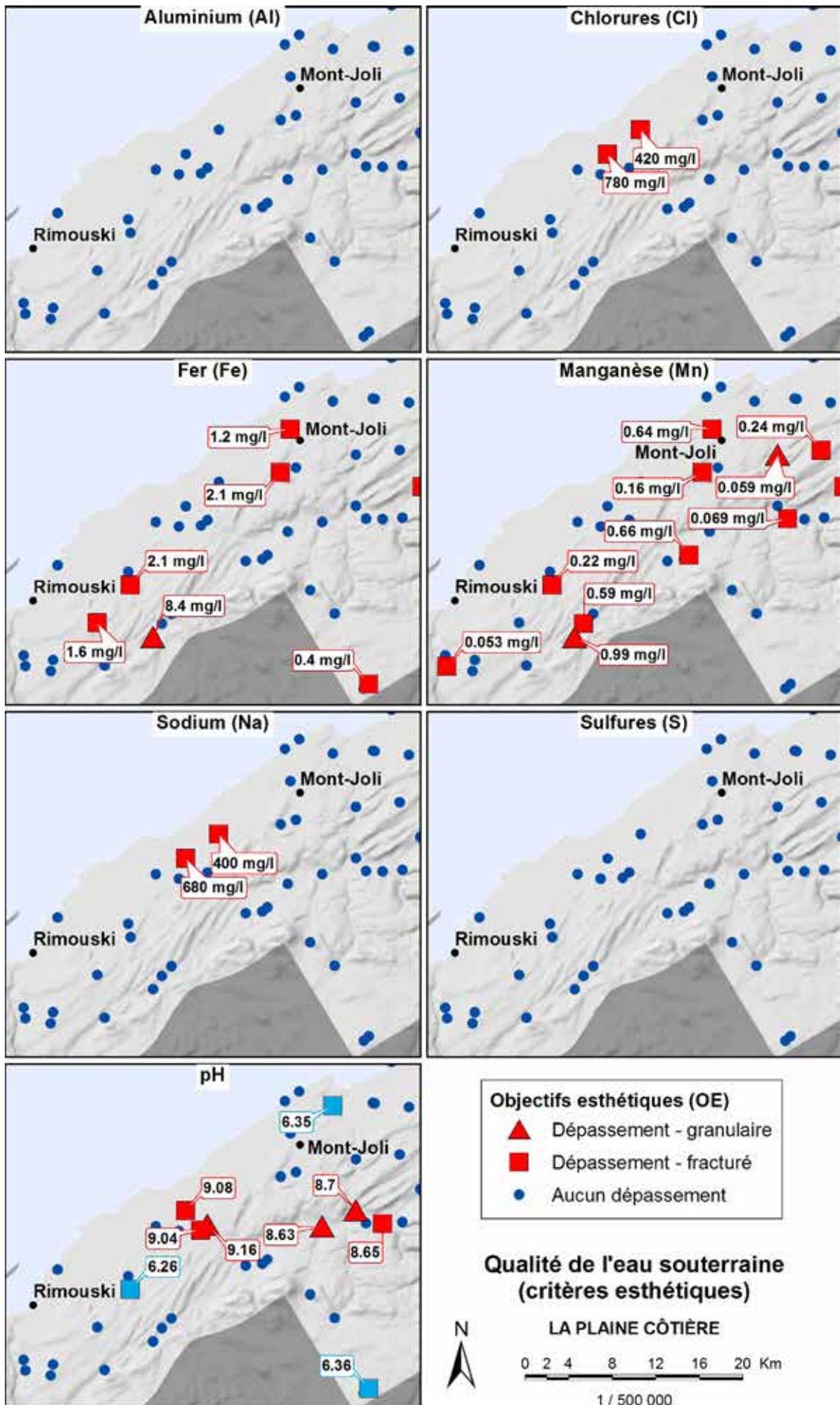
F Un puits présente un dépassement en fer qui excède de plus de 25 fois l'OE.

Vrai Faux

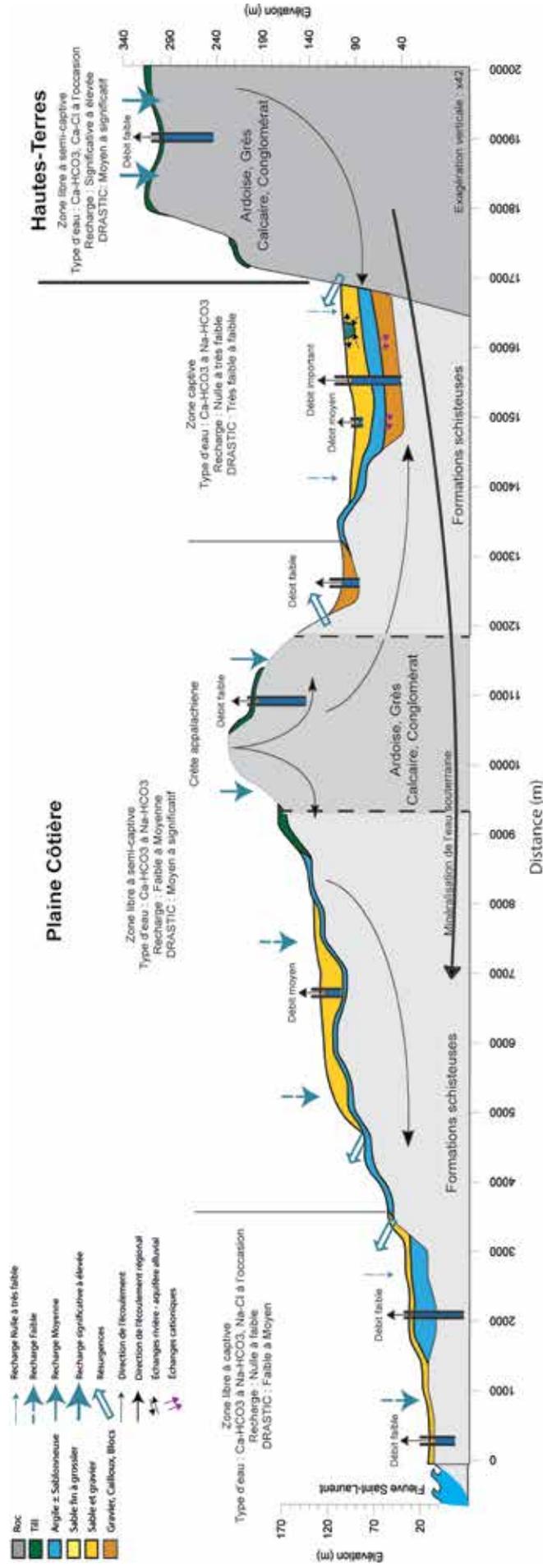
D Les dépassements en chlorures et en sodium sont attribuables à l'eau salée de l'estuaire du Saint-Laurent.

Vrai Faux

M Pourquoi les dépassements en pH sont-ils problématiques?



Synthèse des contextes hydrogéologiques régionaux



M L'argile se retrouve partout sous la limite d'invasion marine de la mer de Goldthwait, soit l'élévation moyenne de 150 m.

Vrai Faux

M Quel est l'aquifère au plus grand potentiel d'exploitation, quelle est son épaisseur approximative et où le retrouve-t-on sur cette coupe?

D Les aquifères constitués des dépôts marins littoraux que l'on retrouve au droit des plaines côtières organisées en terrasses sont parfois en condition de nappe captive ou semi-captive.

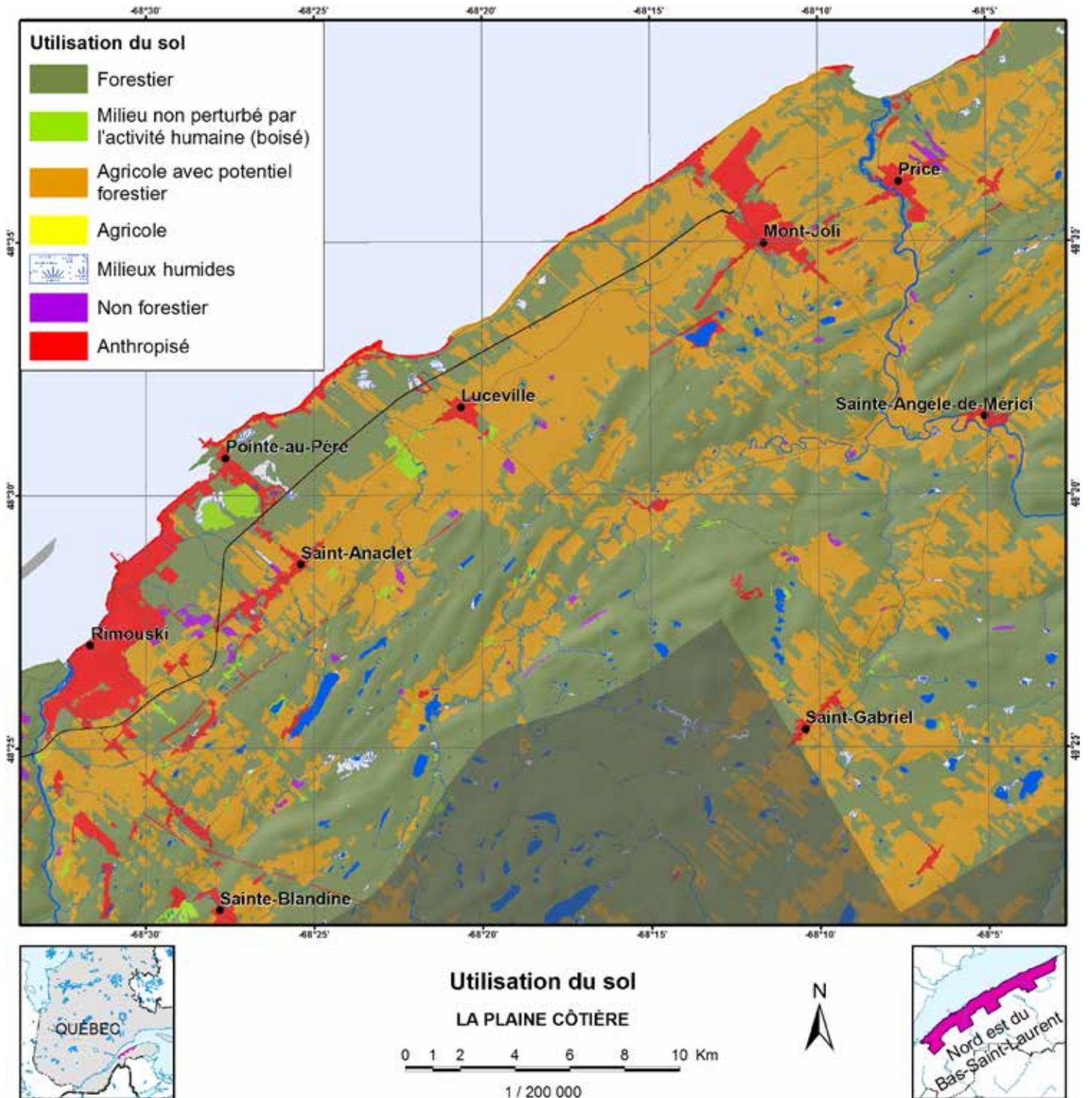
Vrai Faux

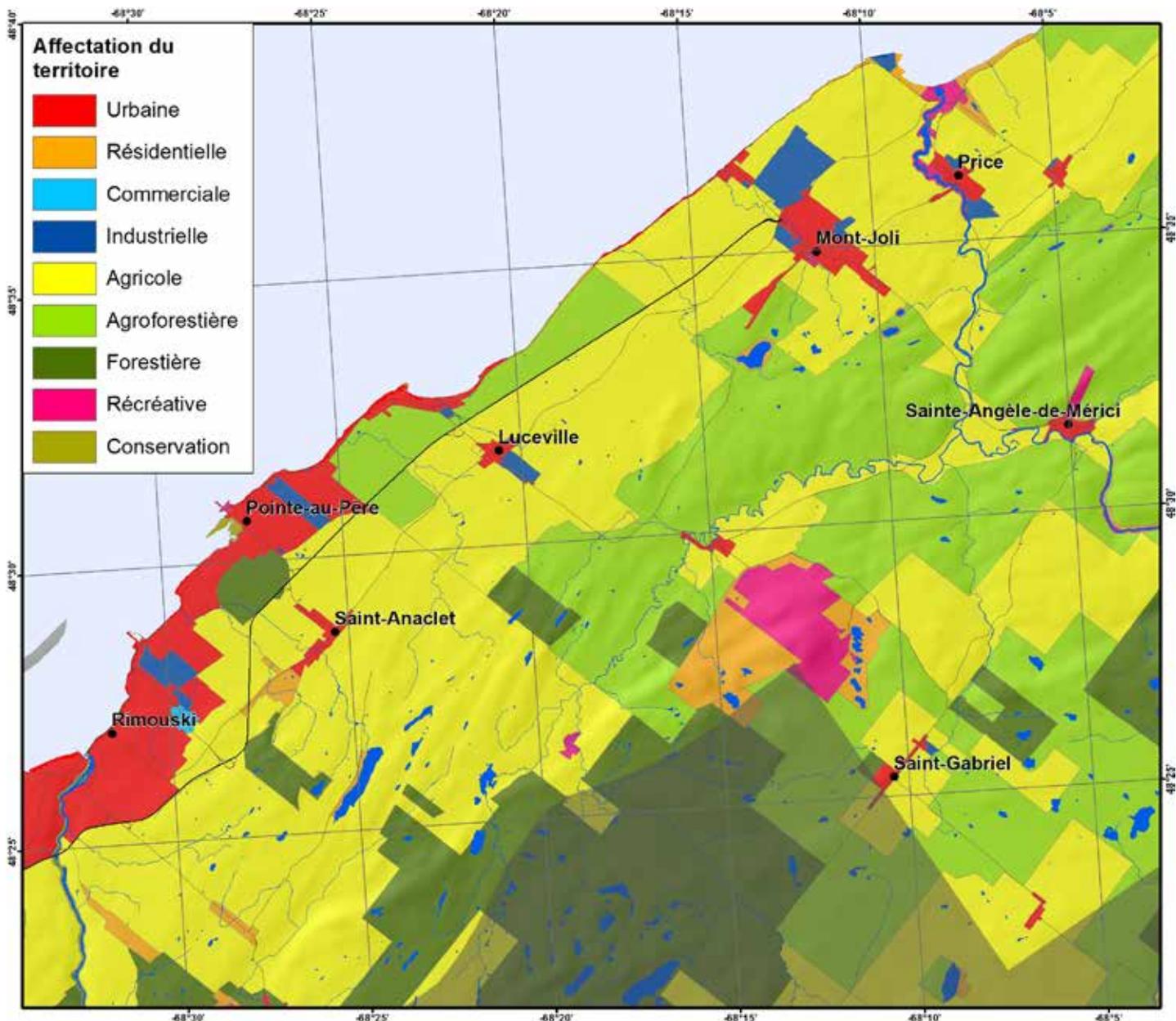
D Quelle est la séquence la plus complète d'empilement vertical des unités géologiques et où la retrouve-t-on sur la coupe? Quel est le caractère aquifère ou aquitard de chacune des couches?

Exercice de synthèse 1 : Si demain une municipalité du contexte de la Plaine Côtière devait rechercher une nouvelle source d'eau potable souterraine, quelle zone serait la plus propice?

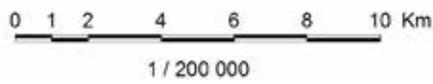
Exercice de synthèse 2 : Dans le contexte de la Plaine Côtière, quelles zones devraient être protégées en priorité pour la recharge?

Exercice de synthèse 3 : Dans le contexte de la Plaine Côtière, où pourrait-on implanter une nouvelle activité potentiellement polluante afin de minimiser son impact sur la qualité des eaux souterraines?





Affectation du territoire
LA PLAINE CÔTIÈRE



Bibliographie

- Buffin-Bélanger, T., Chaillou, G., Cloutier, C-A., Touchette, M., Hétu, B. et McCormack, R. 2015. Programme d'acquisition de connaissance sur les eaux souterraines du nord-est du Bas-Saint-Laurent (PACES-NEBSL) : Rapport final. 199p. CERM-PACES. 2013. Résultats du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de la région Saguenay-Lac-Saint-Jean. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.
- Cloutier, V., Blanchette, D., Dallaire, P.-L., Nadeau, S., Rosa, E., et Roy, M. 2013. Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de l'Abitibi-Témiscamingue (partie 1). Rapport final déposé au Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec. Rapport de recherche P001. Groupe de recherche sur l'eau souterraine, Institut de recherche en mines et en environnement, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 135 p., 26 annexes, 25 cartes thématiques (1:100 000).
- 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. [En ligne], (http://rqes.ca/upload/files/rqes/Transfert_des_connaissances/HYDROGEOLOGIE_notions_et_figures_oct2014.pdf). Page consultée le 29 novembre 2016.
- Gouvernement du Québec (2015a). Règlement sur la qualité de l'eau potable. Loi sur la qualité de l'environnement. Q-2, r. 40. [En ligne], (<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2040/>). Page consultée le 29 novembre 2016.
- Gouvernement du Québec (2015b). Règlement sur le prélèvement des sources et leur protection. Loi sur la qualité de l'environnement. Q-2, r. 35.2. [En ligne], (<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2035.2/>). Page consultée le 29 novembre 2016.
- Leblanc, Y., Légaré, G., Lacasse, K., Parent, M. et Campeau, S. (2013). Caractérisation hydrogéologique du sud-ouest de la Mauricie. Rapport déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec. Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 134 p., 15 annexes et 30 documents cartographiques (1:100 000).
- Santé Canada (2014). Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Tableau sommaire. Préparé par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable du Comité fédéral-provincial-territorial sur la santé et l'environnement. [En ligne], (http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/sum_guide-res_recom/index-fra.php). Page consultée le 29 novembre 2016.
- Siim Sepp (2005). Wikipédia – Argile. Argilite en Estonie. [En ligne], (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Argile>). Page consultée le 29 novembre 2016.

Mes notes personnelles

Les partenaires du Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du nord-est du Bas-Saint-Laurent :

Conférence régionale des élus du Bas-Saint-Laurent (CRÉBSL)

MRC de la Matanie, La Mitis, Rimouski-Neigette et Les Basques

Conseil régional en environnement du Bas-Saint-Laurent (CRE)

Comité ZIP du sud de l'estuaire (ZIPSE)

Organisme des bassins versants du nord-est du Bas-Saint-Laurent (OBVNEBSL)

INRS-ETE

Envir'eau Puits (firme privée en hydrogéologie)

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)

Ministère des Transports (MTQ)

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ)

Ministère des Affaires Municipales et de l'Occupation du Territoire (MAMOT)

Ministère de la Sécurité Publique (MSP)

Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ)

Commission Géologique du Canada (CGC)

Les partenaires du projet de transfert des connaissances sur les eaux souterraines :

